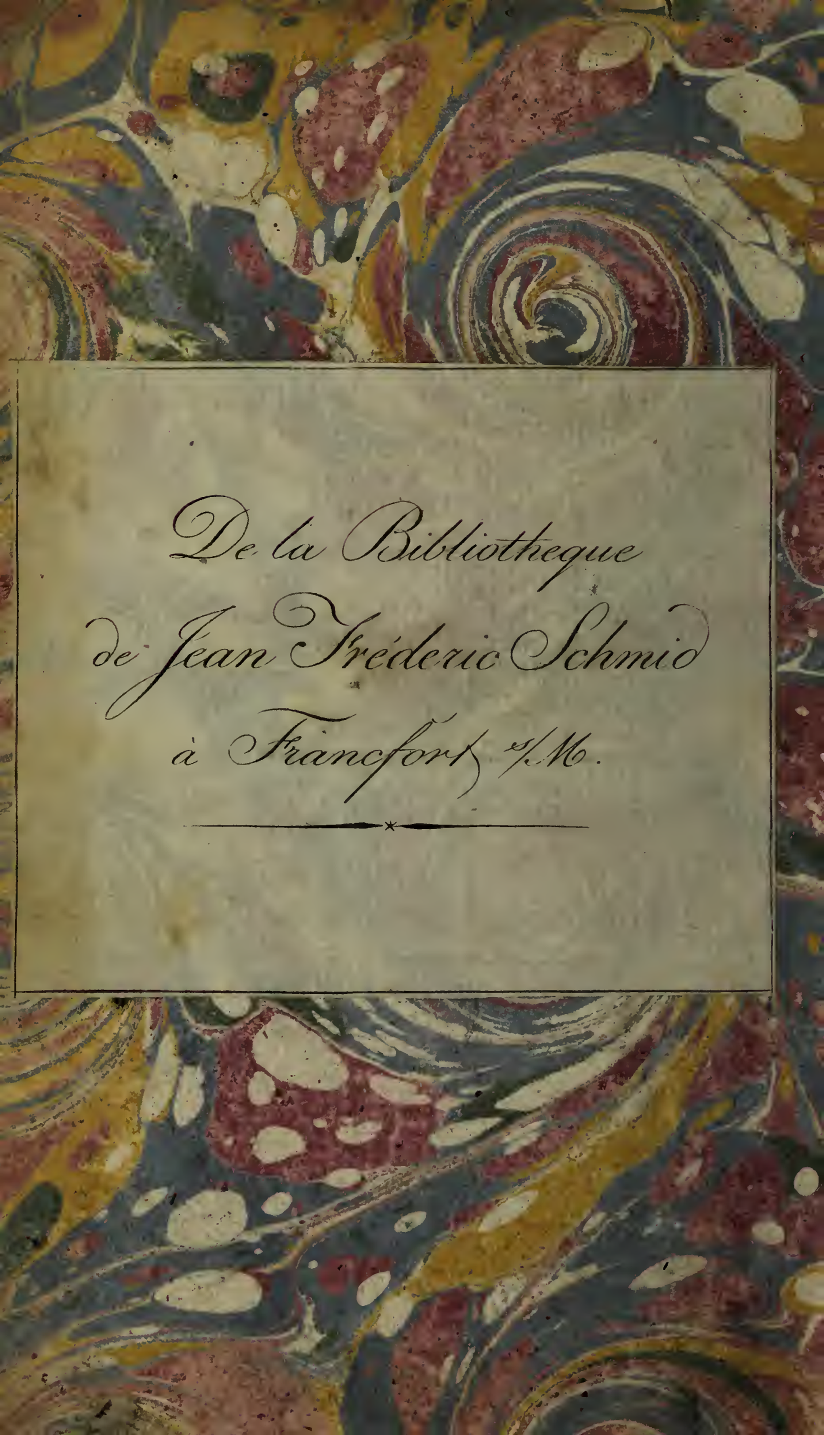







DR. ERNST DARMSTAEDTER
No. 867
COLLECTION

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE.

TOME SECOND.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE,

PRÉSENTÉ DANS UN ORDRE NOUVEAU ET D'APRÈS LES DÉCOUVERTES MODERNES;

Avec Figures :

Par M. LAVOISIER, *de l'Académie des Sciences, de la Société Royale de Médecine, des Sociétés d'Agriculture de Paris & d'Orléans, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, de la Société Helvétique de Basle, de celles de Philadelphie, Harlem, Manchester, Padoue, &c.*

TOME SECOND.



A PARIS,

Chez CUCHET, Libraire, rue & hôtel Serpente.

M. DCC. LXXXIX.

Sous le Privilège de l'Académie des Sciences & de la Société Royale de Médecine.

TABLE DES CHAPITRES DU TOME SECOND.

TROISIEME PARTIE.

Description des Appareils & des Opérations manuelles de la Chimie.



TROISIEME



TROISIÈME PARTIE.

Description des appareils & des opérations manuelles de la Chimie.

INTRODUCTION.

Ce n'eſt pas ſans deſſein que je ne me ſuis pas étendu davantage dans les deux premières parties de cet Ouvrage, ſur les opérations manuelles de la Chimie. J'ai reconnu, d'après ma propre expérience, que des deſcriptions minutieuſes, des détails de procédés & des explications de planches, figuroient mal dans un ouvrage de raiſonnement; qu'elles interrompoient la marche des idées, & qu'elles rendoient la lecture de l'ouvrage faſtidieuſe & difficile.

D'un autre côté, ſi je m'en fuſſe tenu aux ſimples deſcriptions ſommaires que j'ai données juſqu'ici, les commençans n'auroient pu prendre

dans cet Ouvrage que des idées très-vagues de la Chimie-pratique. Des opérations qu'il leur auroit été impossible de répéter, ne leur auroient inspiré ni confiance ni intérêt : ils n'auroient pas même eu la ressource de chercher dans d'autres ouvrages de quoi suppléer à ce qui auroit manqué à celui ci. Indépendamment de ce qu'il n'en existe aucun où les expériences modernes se trouvent décrites avec assez d'étendue, il leur auroit été impossible de recourir à des traités où les idées n'auroient point été présentées dans le même ordre, où l'on n'auroit pas parlé le même langage ; en sorte que le but d'utilité que je me suis proposé n'auroit pas été rempli.

J'ai pris, d'après ces réflexions, la résolution de réserver pour une troisième partie la description sommaire de tous les appareils & de toutes les opérations manuelles qui ont rapport à la Chimie élémentaire. J'ai préféré de placer ce traité particulier à la fin plutôt qu'au commencement de cet Ouvrage, parce qu'il m'auroit été impossible de n'y pas supposer des connoissances que les commençans ne peuvent avoir, & qu'ils ne peuvent acquérir que par la lecture de l'Ouvrage même. Toute cette troisième partie doit être en quelque façon considérée comme l'explication des figures qu'on a coutume de rejetter

à la fin des Mémoires, pour ne point en couper le texte par des descriptions trop étendues.

Quelque soin que j'aye pris pour mettre de la clarté & de la méthode dans cette partie de mon travail, & pour n'omettre la description d'aucun appareil essentiel, je suis loin de prétendre que ceux qui veulent prendre des connoissances exactes en Chimie, puissent se dispenser de suivre des cours, de fréquenter les laboratoires & de se familiariser avec les instrumens qu'on y emploie. *Nihil est in intellectu quod non prius fuerit in sensu* : grande & importante vérité que ne doivent jamais oublier ceux qui apprennent comme ceux qui enseignent, & que le célèbre Rouelle avoit fait tracer en gros caractères dans le lieu le plus apparent de son laboratoire.

Les opérations chimiques se divisent naturellement en plusieurs classes, suivant l'objet qu'elles se proposent de remplir : les unes peuvent être regardées comme purement mécaniques; telle est la détermination du poids des corps, la mesure de leur volume, la trituration, la porphyrisation, le tamisage, le lavage, la filtration : les autres sont des opérations véritablement chimiques, parce qu'elles emploient des forces & des agens chimiques, telles que la dissolution, la fusion, &c. Enfin les unes

ont pour objet de séparer les principes des corps, les autres de les réunir; souvent même elles ont ce double but, & il n'est pas rare que dans une même opération, comme dans la combustion, par exemple, il y ait à la fois décomposition & recomposition.

Sans adopter particulièrement aucune de ces divisions, auxquelles il seroit difficile de s'astreindre, du moins d'une manière rigoureuse, je vais présenter le détail des opérations chimiques, dans l'ordre qui m'a paru le plus propre à en faciliter l'intelligence. J'insisterai particulièrement sur les appareils relatifs à la Chimie moderne, parce qu'ils sont encore peu connus, même de ceux qui font une étude particulière de cette science, je pourrois presque dire, d'une partie de ceux qui la professent.



CHAPITRE PREMIER.

Des instrumens propres à déterminer le poids absolu & la pesanteur spécifique des corps solides & liquides.

ON ne connoît jusqu'à présent aucun meilleur moyen pour déterminer les quantités de matières qu'on emploie dans les opérations chimiques, & celles qu'on obtient par le résultat des expériences, que de les mettre en équilibre avec d'autres corps qu'on est convenu de prendre pour terme de comparaison. Lors, par exemple, que nous voulons allier ensemble douze livres de plomb & six livres d'étain, nous nous procurons un levier de fer assez fort pour qu'il ne fléchisse pas; nous le suspendons dans son milieu & de manière que ses deux bras soient parfaitement égaux; nous attachons à l'une de ses extrêmités un poids de douze livres; nous attachons à l'autre du plomb, & nous en ajoutons jusqu'à ce qu'il y ait équilibre, c'est-à-dire jusqu'à ce que le levier demeure parfaitement horisontal. Après avoir ainsi opéré sur le plomb, on opère sur l'étain; & on en use de la même manière pour toutes les autres matières dont on veut déterminer la

quantité. Cette opération se nomme *peser*; l'instrument dont on se sert se nomme *balance* : il est principalement composé, comme tout le monde le sait, d'un fléau, de deux bassins & d'une aiguille.

Quant au choix des poids & à la quantité de matière qui doit composer une unité, une livre, par exemple, c'est une chose absolument arbitraire; aussi voyons-nous que la livre differe d'un royaume à un autre, d'une province & souvent même d'une ville à une autre. Les sociétés n'ont même d'autre moyen de conserver l'unité qu'elles se sont choisie ; & d'empêcher qu'elle ne varie & ne s'altère par la révolution des tems, qu'en formant ce qu'on nomme des étalons, qui sont déposés & soigneusement conservés dans les greffes des jurisdictions.

Il n'est point indifférent sans doute dans le commerce & pour les usages de la société, de se servir d'une livre ou d'une autre, puisque la quantité absolue de matière n'est pas la même, & que les différences même sont très-considérables. Mais il n'en est pas de même pour les Physiciens & pour les Chimistes. Peu importe dans la plupart des expériences, qu'ils ayent employé une quantité A ou une quantité B de matière, pourvu qu'ils expriment clairement les produits qu'ils ont obtenus de l'une ou de l'autre

de ces quantités, en fractions d'un usage commode, & qui réunies toutes ensemble fassent un produit égal au tout. Ces considérations m'ont fait penser qu'en attendant que les hommes, réunis en société, se soient déterminés à n'adopter qu'un seul poids & qu'une seule mesure, les Chimistes, de toutes les parties du monde, pourroient sans inconvénient se servir de la livre de leur pays, quelle qu'elle fût, pourvu qu'au lieu de la diviser, comme on l'a fait jusqu'ici, en fractions arbitraires, on se déterminât par une convention générale à la diviser en dixièmes, en centièmes, en millièmes, en dix-millièmes, &c. c'est-à-dire, en fractions décimales de livres. On s'entendroit alors dans tous les pays, comme dans toutes les langues : on ne seroit pas sûr, il est vrai, de la quantité absolue de matière qu'on auroit employée dans une expérience ; mais on connoîtroit sans difficulté, sans calcul, le rapport des produits entr'eux ; ces rapports seroient les mêmes pour les savans du monde entier, & l'on auroit véritablement pour cet objet un langage universel.

Frappé de ces considérations, j'ai toujours eu le projet de faire diviser la livre poids de marc en fractions décimales, & ce n'est que depuis peu que j'y suis parvenu.

M. Fourché, Balancier, ſucceſſeur de M. Chemin, rue de la Ferronnerie, a rempli cet objet avec beaucoup d'intelligence & d'exactitude, & j'invite tous ceux qui s'occupent d'expériences, à ſe procurer de ſemblables diviſions de la livre : pour peu qu'ils ayent d'uſage du calcul des décimales, ils ſeront étonnés de la ſimplicité & de la facilité que cette diviſion apportera dans toutes leurs opérations. Je détaillerai dans un Mémoire particulier deſtiné pour l'Académie, les précautions & les attentions que cette diviſion de la livre exige.

En attendant que cette méthode ſoit adoptée par les ſavans de tous les pays, il eſt un moyen ſimple, ſinon d'atteindre au même but, au moins d'en approcher & de ſimplifier les calculs. Il conſiſte à convertir à chaque peſée les onces, gros & grains qu'on a obtenus, en fractions décimales de livre; & pour diminuer la peine que ce calcul pourroit préſenter, j'ai formé une table où ces calculs ſe trouvent tous faits ou au moins réduits à de ſimples additions. Elle ſe trouve à la fin de cette troiſième partie : voici la manière de s'en ſervir.

Je ſuppoſe qu'on ait employé dans une expérience 4 livres de matières, & que par le réſultat de l'opération on ait obtenu quatre produits différens A, B, C, D, peſant ſavoir,

	liv.	onc.	gros	grains.
Produit A	2	5	3	63
Produit B	1	2	7	15
Produit C	»	3	1	37
Produit D	»	4	3	29
Total	4	»	»	»

On transformera, au moyen de la table, ces fractions vulgaires en décimales, comme il suit :

Pour le produit A.

	Fractions vulgaires. liv.	onc.	gros	gr.		Fractions décimales correspondantes. liv.
	2	»	»	»	=	2,0000000
		5	»	»	=	0,3125000
			3	»	=	0,0234375
				63	=	0,0068359
Total	2	5	3	63	=	2,3427734

Pour le produit B.

	liv.	onc.	gros	gr.		liv.
	1	»	»	»	=	1,0000000
		2	»	»	=	0,1250000
			7	»	=	0,0546875
				15	=	0,0016276
Total	1	2	7	15	=	1,1813151

Pour le produit C.

Fractions vulgaires.					Fractions décimales correspondantes.
	onc.	gros	gr.		liv.
	3	»	»	=	0,1875000
		1	»	=	0,0078125
			37	=	0,0040148
Total »	3	1	37	=	0,1993273

Pour le produit D.

	onc.	gros	gr.		liv.
	4	»	»	=	0,2500000
		3	»	=	0,0234375
			29	=	0,0031467
Total »	4	3	29	=	0,2765842

En récapitulant ces résultats, on aura en fractions décimales :

Pour le produit A	2,3427734
Pour le produit B	1,1813151
Pour le produit C	0,1993273
Pour le produit D	0,2765842
Total	4,0000000

Les produits ainsi exprimés en fractions décimales, sont ensuite susceptibles de toute espèce

de réduction & de calcul, & on n'eſt plus obligé de réduire continuellement en grains les nombres ſur leſquels on veut opérer, & de reformer enſuite avec ces mêmes nombres des livres, onces & gros.

La détermination du poids des matières & des produits, avant & après les expériences, étant la baſe de tout ce qu'on peut faire d'utile & d'exact en Chimie, on ne ſauroit y apporter trop d'exactitude. La première choſe, pour remplir cet objet, eſt de ſe munir de bons inſtrumens. On ne peut ſe diſpenſer d'avoir, pour opérer commodément, trois excellentes balances. La première doit peſer juſqu'à 15 & 20 livres, ſans fatiguer le fléau. Il n'eſt pas rare d'être obligé dans des expériences chimiques de déterminer à un demi-grain près ou un grain tout au plus la tarre & le poids de très-grands vaſes & d'appareils très-peſans. Il faut, pour arriver à ce degré de préciſion, des balances faites par un artiſte habile & avec des précautions particulières; il faut ſur-tout ſe faire une loi de ne jamais s'en ſervir dans un laboratoire où elles ſeroient immanquablement rouillées & gâtées: elles doivent être conſervées dans un cabinet ſéparé, où il n'entre jamais d'acides. Celles dont je me ſers ont été conſtruites par M. Fortin; leur fléau a trois pieds de long, & elles

réuniſſent toutes les ſûretés & les commodités qu'on peut deſirer. Je ne crois pas que, à l'exception de celles de Ramſden, il en exiſte qui puiſſent leur être comparées pour la juſteſſe & pour la préciſion. Indépendamment de cette forte balance, j'en ai deux autres qui ſont bannies, comme la première, du laboratoire; l'une pèſe juſqu'à 18 ou 20 onces, à la préciſion du dixième de grain; la troiſième ne pèſe que juſqu'à un gros, & les 512es de grain y ſont très-ſenſibles.

Je donnerai à l'Académie, dans un Mémoire particulier, une deſcription de ces trois balances, avec des détails ſur le degré de préciſion qu'on en obtient.

Ces inſtrumens au ſurplus dont on ne doit ſe ſervir que pour les expériences de recherche, ne diſpenſent pas d'en avoir d'autres moins précieux pour les uſages courans du laboratoire. On y a continuellement beſoin d'une groſſe balance à fléau de fer peint en noir, qui puiſſe peſer des terrines entières pleines de liquide, & des quantités d'eau de 40 à 50 livres, à un demi-gros près; d'une ſeconde balance ſuſceptible de peſer juſqu'à 8 à 10 livres, à 12 ou 15 grains près; enfin d'une petite balance à la main, peſant environ une livre, à la préciſion du grain.

Mais ce n'eſt pas encore aſſez d'avoir d'excellentes balances ; il faut les connoître, les avoir étudiées, ſavoir s'en ſervir, & l'on n'y parvient que par un long uſage & avec beaucoup d'attention. Il eſt ſur-tout important de vérifier ſouvent les poids dont on ſe ſert : ceux fournis chez les balanciers ayant été ajuſtés avec des balances qui ne ſont pas extrêmement ſenſibles, ne ſe trouvent plus rigoureuſement exacts quand on les éprouve avec des balances auſſi parfaites que celles que je viens d'annoncer.

Ce ſeroit une excellente manière, pour éviter les erreurs dans les peſées, que de les répéter deux fois, en employant pour les unes des fractions vulgaires de livre, & pour les autres des fractions décimales.

Tels ſont les moyens qui ont paru juſqu'ici les plus propres à déterminer les quantités de matières employées dans les expériences, c'eſt-à-dire, pour me ſervir de l'expreſſion ordinaire, à déterminer le poids abſolu des corps. Mais en adoptant cette expreſſion, je ne puis me diſpenſer d'obſerver que, priſe dans un ſens ſtrict, elle n'eſt pas abſolument exacte. Il eſt certain qu'à la rigueur nous ne connoiſſons & nous ne pouvons connoître que des peſanteurs relatives; que nous ne pouvons les exprimer qu'en partant d'une unité convention-

nelle : il ſeroit donc plus vrai de dire que nous n'avons aucune meſure du poids abſolu des corps.

Paſſons maintenant à ce qui concerne la peſanteur ſpécifique. On a déſigné ſous ce nom le poids abſolu des corps diviſé par leur volume, ou ce qui revient au même, le poids que pèſe un volume déterminé d'un corps. C'eſt la peſanteur de l'eau qu'on a choiſie, en général, pour l'unité qui exprime ce genre de peſanteur. Ainſi quand on parle de la peſanteur ſpécifique de l'or, on dit qu'il eſt dix-neuf fois auſſi peſant que l'eau ; que l'acide ſulfurique concentré eſt deux fois auſſi peſant que l'eau, & ainſi des autres corps.

Il eſt d'autant plus commode de prendre ainſi la peſanteur de l'eau pour unité, que c'eſt preſque toujours dans l'eau que l'on pèſe les corps dont on veut déterminer la peſanteur ſpécifique. Si, par exemple, on ſe propoſe de reconnoître la peſanteur ſpécifique d'un morceau d'or pur écroui à coups de marteau, & ſi ce morceau d'or pèſe dans l'air 8 onces 4 gros 2 grains & demi, comme celui que M. Briſſon a éprouvé, page 5 de ſon Traité de la Peſanteur ſpécifique, on ſuſpend cet or à un fil métallique très-fin & aſſez fort cependant pour pouvoir le ſupporter ſans ſe rompre ; on attache ce fil

ſous

ſous le baſſin d'une balance hydroſtatique, & on pèſe l'or entièrement plongé dans un vaſe rempli d'eau. Le morceau d'or dont il eſt ici queſtion, a perdu dans l'expérience de M. Briſſon 3 gros 37 grains. Or, il eſt évident que le poids que perd un corps quand on l'a peſé dans l'eau, n'eſt autre que le poids du volume d'eau qu'il déplace, ou, ce qui eſt la même choſe, qu'un poids d'eau égal à ſon volume; d'où l'on peut conclure qu'à volume égal l'or pèſe 4898 grains & demi, & l'eau 253 : ce qui donne 193617 pour la peſanteur ſpécifique de l'or, celle de l'eau étant ſuppoſée 10000. On peut opérer de la même manière pour toutes les ſubſtances ſolides.

Il eſt au ſurplus aſſez rare qu'on ait beſoin en Chimie de déterminer la peſanteur ſpécifique des corps ſolides, à moins qu'on ne travaille ſur les alliages ou ſur les verres métalliques : on a au contraire beſoin preſqu'à chaque inſtant de connoître la peſanteur ſpécifique des fluides, parce que c'eſt ſouvent le ſeul moyen qu'on ait de juger de leur degré de pureté & de concentration.

On peut également remplir ce dernier objet avec un très-grand degré de préciſion, au moyen de la balance hydroſtatique, & en peſant ſucceſſivement un corps ſolide, tel, par exemple,

qu'une boule de criſtal de roche ſuſpendue à un fil d'or très-fin, dans l'air & dans le fluide dont on veut déterminer la peſanteur ſpécifique. Le poids que perd la boule plongée dans le fluide, eſt celui d'un volume égal de ce fluide. En répétant ſucceſſivement cette opération dans l'eau & dans différens fluides, on peut par un calcul très-ſimple en conclure leur rapport de peſanteur ſpécifique, ſoit entr'eux, ſoit avec l'eau: mais ce moyen ne feroit pas encore ſuffiſamment exact, ou au moins il feroit très-embarraſſant à l'égard des liqueurs dont la peſanteur ſpécifique differe très-peu de celle de l'eau, par exemple, à l'égard des eaux minérales & de toutes celles en général qui ſont très-peu chargées de ſels.

Dans quelques travaux que j'ai entrepris ſur cet objet & qui ne ſont point encore publics, je me ſuis ſervi avec beaucoup d'avantages de pèſe-liqueurs très-ſenſibles & dont je vais donner une idée. Ils conſiſtent dans un cylindre creux A *b c f*, *planche VII*, *fig. 6*, de cuivre jaune, ou mieux encore d'argent, & leſté par le bas en *b c f* avec de l'étain. Ce pèſe-liqueur eſt ici repréſenté nageant dans un bocal *l m n o* rempli d'eau. A la partie ſupérieure du cylindre eſt adaptée une tige faite d'un fil d'argent de $\frac{1}{4}$ de ligne de diamètre tout au plus, & ſurmonté d'un

petit baſſin *d* deſtiné à recevoir des poids. On fait ſur cette tige une marque en *g*, dont on va expliquer l'uſage. On peut faire cet inſtrument de différentes dimenſions ; mais il n'eſt ſuffiſamment exact qu'autant qu'il déplace au moins quatre livres d'eau.

Le poids de l'étain dont cet inſtrument eſt leſté, doit être tel qu'il ſoit preſqu'en équilibre dans de l'eau diſtillée, & qu'il ne faille plus y ajouter pour le faire entrer juſqu'à la marque *g*, qu'un demi-gros ou un gros tout au plus.

On commence par déterminer une première fois avec beaucoup d'exactitude le poids de cet inſtrument & le nombre de gros ou de grains dont il faut le charger dans de l'eau diſtillée, à une température donnée pour le faire entrer juſqu'à la marque *g*. On fait la même opération dans toutes les eaux dont on veut connoître la peſanteur ſpécifique, & on rapporte enſuite par le calcul les différences au pied cube, à la pinte ou à la livre, ou bien on les réduit en fractions décimales. Cette méthode, jointe à quelques expériences faites avec les réactifs, eſt une des plus ſûres pour déterminer la qualité des eaux, & on y apperçoit des différences qui auroient échappé aux analyſes chimiques les plus exactes. Je donnerai un jour le détail d'un grand travail que j'ai fait ſur cet objet.

Les pèſe-liqueurs métalliques ne peuvent ſervir que pour déterminer la peſanteur ſpécifique des eaux qui ne contiennent que des ſels neutres ou des ſubſtances alkalines : on peut auſſi en faire conſtruire de particuliers leſtés pour l'eſprit-de-vin & les liqueurs ſpiritueuſes. Mais toutes les fois qu'il eſt queſtion de déterminer la peſanteur ſpécifique des acides, on ne peut employer que du verre. On prend alors un cylindre creux de verre *a b c*, *planche VII*, *figure 14*, qu'on ferme hermétiquement à la lampe en *b c f*; on y ſoude dans ſa partie ſupérieure un tube capillaire *a d* ſurmonté par un petit baſſin *d*. On leſte cet inſtrument avec du mercure, & on en introduit plus ou moins, ſuivant la peſanteur des liqueurs qu'on ſe propoſe d'examiner. On peut introduire dans le tube *a d*, qui forme le col de cet inſtrument, une petite bande de papier qui porte des diviſions; & quoique ces diviſions ne répondent pas aux mêmes fractions de grains dans des liqueurs dont la peſanteur ſpécifique eſt différente, elles ſont cependant commodes pour les évaluations.

Je ne m'étendrai pas davantage ſur les moyens qui ſervent pour déterminer, ſoit le poids abſolu, ſoit la peſanteur ſpécifique des ſolides & des liquides; les inſtrumens qu'on emploie

à ce genre d'expériences, ſont entre les mains de tout le monde, on peut ſe les procurer aiſément, & de plus grands détails ſeroient inutiles. Il n'en ſera pas de même de la meſure des gaz : la plupart des inſtrumens dont je me ſers ne ſe trouvant nulle part & n'ayant été décrits dans aucun ouvrage, il m'a paru néceſſaire d'en donner une connoiſſance plus détaillée : c'eſt l'objet que je me ſuis propoſé dans le Chapitre ſuivant.



CHAPITRE II.

De la Gazométrie, ou de la mesure du poids & du volume des substances aériformes.

§. I.

Description des Appareils pneumato-chimiques.

Les Chimistes françois ont donné dans ces derniers tems le nom de *pneumato-chimique* à un appareil à la fois très-ingénieux & très-simple, imaginé par M. Priestley, & qui est devenu absolument indispensable dans tous les laboratoires. Il consiste en une caisse ou cuve de bois plus ou moins grande, *planche V*, *figures 1 & 2*, doublée de plomb laminé ou de feuilles de cuivre étamé. La *figure 1* représente cette cuve vue en perspective; on en a supposé le devant & un des côtés enlevés dans la *figure 2*, afin de faire mieux sentir la manière dont elle est construite dans son intérieur.

On distingue dans tout appareil de cette espèce, la tablette de la cuve A B C D, *figures 1 & 2*, & le fond de la cuve F G H I, *fig. 2*. L'intervalle qui se trouve entre ces deux plans est la cuve proprement dite, ou la fosse de la

cuve. C'eſt dans cette partie creuſe qu'on emplit les cloches : on les retourne enſuite & on les poſe ſur la tablette A B C D, *voyez* la cloche F, *planche X*. On peut encore diſtinguer les bords de la cuve, & l'on donne ce nom à tout ce qui excède le niveau de la tablette.

La cuve doit être ſuffiſamment remplie, pour que la tablette ſoit toujours recouverte d'un pouce ou d'un pouce & demi d'eau; elle doit avoir aſſez de largeur & de profondeur, pour qu'il y en ait alors au moins un pied en tout ſens dans la foſſe de la cuve. Cette quantité ſuffit pour les expériences ordinaires ; mais il eſt un grand nombre de circonſtances où il eſt commode, où il eſt même indiſpenſable de ſe donner encore plus d'eſpace. Je conſeille donc à ceux qui veulent s'occuper utilement & habituellement d'expériences de Chimie, de conſtruire très en grand ces appareils, ſi le local le leur permet. La foſſe de ma cuve principale contient quatre pieds cubes d'eau, & la ſurface de ſa tablette eſt de quatorze pieds quarrés. Malgré cette grandeur qui me paroiſſoit d'abord déméſurée, il m'arrive encore ſouvent de manquer de place.

Il ne ſuffit pas encore dans un laboratoire où l'on eſt livré à un courant habituel d'expériences, d'avoir un ſeul de ces appareils, quel-

que grand qu'il ſoit : il faut, indépendamment du magaſin général, en avoir de plus petits & de portatifs même, qu'on place où le beſoin l'exige & près du fourneau où l'on opère. Ce n'eſt qu'ainſi qu'on peut faire marcher pluſieurs expériences à la fois. Il y a d'ailleurs des opérations qui faliſſent l'eau de l'appareil, & qu'il eſt néceſſaire de faire dans une cuve particulière.

Il eſt ſans doute beaucoup plus économique de ſe ſervir de cuves de bois, ou de baquets cerclés de fer & faits tout ſimplement avec des douves, plutôt que d'employer des caiſſes de bois doublées de cuivre ou de plomb. Je m'en ſuis moi-même ſervi dans mes premières expériences ; mais j'ai bientôt reconnu les inconvéniens qui y ſont attachés. Si l'eau n'y eſt pas toujours entretenue au même niveau, les douves qui ſe trouvent à ſec prennent de la retraite ; elles ſe disjoignent, & quand on vient enſuite à mettre plus d'eau, elle s'échappe par les jointures, & les planchers ſont inondés.

Les vaiſſeaux dont on ſe ſert pour recevoir & pour contenir les gaz dans cet appareil, ſont des cloches de criſtal A, *figure 9*. Pour les tranſporter d'un appareil à un autre, ou même pour les mettre en réſerve quand la cuve eſt trop embarraſſée, on ſe ſert de plateaux

B C, *même figure*, garnis d'un rebord & de deux anses D E, pour les transporter.

A l'égard de l'appareil pneumato-chimique au mercure, après avoir essayé d'en construire de différentes matières, je me suis arrêté définitivement au marbre. Cette substance est absolument imperméable au mercure; on n'a pas à craindre, comme avec le bois, que les assemblages se déjoignent, ou que le mercure s'échappe par des gerçures; on n'a point non plus l'inquiétude de la cassure, comme avec le verre, la fayence & la porcelaine.

On choisit donc un bloc de marbre BCDE, *planche V*, *figures 3 & 4*, de deux pieds de long, de 15 à 18 pouces de large, & de 10 pouces d'épaisseur; on le fait creuser jusqu'à une profondeur *m n*, *figure 5*, d'environ quatre pouces, pour former la fosse qui doit contenir le mercure: & pour qu'on puisse y remplir plus commodément les cloches ou jarres, on y fait creuser en outre une profonde rigole TV, *figures 3, 4 & 5*, de quatre autres pouces au moins de profondeur: enfin, comme cette rigole pourroit être embarrassante dans quelques expériences, il est bon qu'on puisse la boucher & la condamner à volonté, & l'on remplit cet objet au moyen de petites planches qui entrent dans une rainure *x y*, *figure 5*. Je me suis

déterminé à faire conſtruire deux cuves de marbre ſemblables à celle que je viens de décrire, mais de grandeurs différentes ; j'en ai toujours par ce moyen une des deux qui me ſert de réſervoir pour conſerver le mercure, & c'eſt de tous les réſervoirs le plus sûr & le moins ſujet aux accidens.

On peut opérer dans le mercure avec cet appareil, exactement comme dans l'eau : il faut ſeulement employer des cloches très-fortes & d'un petit diamètre, ou des tubes de criſtal qui ont un empâtement par le bas, comme celui repréſenté *fig.* 7 ; les fayenciers qui les tiennent, les nomment eudiomètres. On voit une de ces cloches en place A, *fig.* 5, & ce qu'on nomme une jarre, *fig.* 6.

L'appareil pneumato-chimique au mercure eſt néceſſaire pour toutes les opérations où il ſe dégage des gaz ſuſceptibles d'être abſorbés par l'eau, & ce cas n'eſt pas rare, puiſqu'il a lieu généralement dans toutes les combuſtions, à l'exception de celle des métaux.

§. II. *Du Gazomètre.*

Je donne le nom de gazomètre à un inſtrument dont j'ai eu la première idée, & que j'avois fait exécuter dans la vue de former un ſoufflet qui pût fournir continuellement & uni-

formément un courant de gaz oxygène pour des expériences de fusion. Depuis, nous avons fait, M. Meusnier & moi, des corrections & des additions considérables à ce premier essai, & nous l'avons transformé en un instrument pour ainsi dire universel, dont il sera difficile de se passer toutes les fois qu'on voudra faire des expériences exactes.

Le nom seul de cet instrument indique assez qu'il est destiné à mesurer le volume des gaz. Il consiste en un grand fléau de balance, de trois pieds de longueur D E, *planche VIII, fig. 1*, construit en fer & très-fort. A chacune de ses extrêmités D E, est solidement fixée une portion d'arc de cercle également en fer.

Ce fléau ne repose pas, comme dans les balances ordinaires, sur un couteau; on y a substitué un tourillon cylindrique d'acier F, *fig. 9*, qui porte sur des rouleaux mobiles : on est parvenu ainsi à diminuer considérablement la résistance qui pouvoit mettre obstacle au libre mouvement de la machine, puisque le frottement de la première espèce se trouve converti en un de la seconde. Ces rouleaux sont en cuivre jaune & d'un grand diamètre : on a pris de plus la précaution de garnir les points qui supportent l'axe ou tourillon du fléau, avec des bandes de cristal de roche. Toute cette suspen-

ſion eſt établie ſur une colonne ſolide, de bois B C, *fig. 1.*

A l'extrêmité D de l'un des bras du fléau, eſt ſuſpendu un plateau de balance P, deſtiné à recevoir des poids. La chaîne qui eſt plate s'applique contre la circonférence de l'arc *n* D *o*, dans une rainure pratiquée à cet effet. A l'extrêmité E de l'autre bras du levier, eſt attachée une chaîne également plate *i k m*, qui par ſa conſtruction n'eſt pas ſuſceptible de s'allonger ni de ſe raccourcir, lorſqu'elle eſt plus ou moins chargée. A cette chaîne eſt adapté ſolidement en *i* un étrier de fer à trois branches *a i*, *c i*, *h i*, qui ſupporte une grande cloche A de cuivre battu, de 18 pouces de diamètre ſur environ 20 pouces de hauteur.

On a repréſenté toute cette machine en perſpective dans la *planche VIII*, *fig. 1*; on l'a ſuppoſée au contraire, *planche IX*, *fig. 2 & 4*, partagée en deux par un plan vertical, pour laiſſer voir l'intérieur. Tout autour de la cloche dans le bas, *planche IX*, *fig. 2*, eſt un rebord relevé en-dehors & qui forme une capacité partagée en différentes caſes 1, 2, 3, 4, &c. Ces caſes ſont deſtinées à recevoir des poids de plomb repréſentés ſéparément 1, 2, 3. Ils ſervent à augmenter la peſanteur de la cloche dans les cas où l'on a beſoin d'une preſſion

confidérable, comme on le verra dans la fuite; ces cas au furplus font extrêmement rares. La cloche cylindrique A eft entièrement ouverte par fon fond *d e*, *planc. IX*, *fig. 4*; elle eft fermée par le haut au moyen d'une calotte de cuivre *a b c*, ouverte en *b f*, & fermée par le moyen d'un robinet *g*. Cette calotte, comme on le voit par l'infpection des figures, n'eft pas placée tout-à-fait à la partie fupérieure du cylindre; elle eft rentrée en-dedans de quelques pouces, afin que la cloche ne foit jamais plongée en entier fous l'eau, & qu'elle n'en foit pas recouverte. Si j'étois dans le cas de faire reconftruire un jour cette machine, je defirerois que la calotte fût beaucoup plus furbaiffée, de manière qu'elle ne formât prefque qu'un plan.

Cette cloche ou réfervoir à air eft reçue dans un vafe cylindrique L M N O, *planche VIII*, *figure 1*, également de cuivre & qui eft plein d'eau.

Au milieu de ce vafe cylindrique L M N O, *planche IX*, *fig. 4*, s'élèvent perpendiculairement deux tuyaux *f t*, *x y*, qui fe rapprochent un peu l'un de l'autre par leur extrêmité fupérieure *t y*. Ces tuyaux fe prolongent jufqu'un peu au-deffus du niveau du bord fupérieur L M du vafe L M N O. Quand la cloche *a b c d e* touche le fond N O, ils entrent d'un demi-

pouce environ dans la capacité conique *b*, qui conduit au robinet *g*.

La *figure 3*, *pl. IX*, repréſente le fond du vaſe L M N O. On voit au milieu une petite calotte ſphérique creuſe en-deſſous, aſſujettie & ſoudée par ſes bords au fond du vaſe. On peut la conſidérer comme le pavillon d'un petit entonnoir renverſé, auquel s'adaptent en *s* & en *x* les tuyaux *s t*, *x y*, *fig. 4*. Ces tuyaux ſe trouvent par ce moyen en communication avec ceux *m m*, *n n*, *o o*, *p p*, qui ſont placés horiſontalement ſur le fond de la machine, *fig. 3*, & qui, tous quatre, ſe réuniſſent dans la calotte ſphérique *s x*.

De ces quatre tuyaux, trois ſortent en-dehors du vaſe L M N O, & on peut les ſuivre *planche VIII*, *fig. 1*. L'un déſigné par les chiffres arabes 1, 2, 3, s'ajuſte en 3 avec la partie ſupérieure d'une cloche V, & par l'intermède du robinet 4. Cette cloche eſt poſée ſur la tablette d'une petite cuve G H I K, doublée de plomb & dont l'intérieur ſe voit *pl. IX*, *fig. 1*.

Le ſecond tuyau eſt appliqué contre le vaſe L M N O, de 6 en 7 : il ſe continue enſuite en 7, 8, 9 & 10, & vient s'engager en 11 ſous la cloche V. Le premier de ces deux tuyaux eſt deſtiné à introduire le gaz dans la machine; le ſecond à en faire paſſer des eſſais

ſous des cloches. On détermine le gaz à entrer ou à ſortir, ſuivant le degré de preſſion qu'on donne, & on parvient à faire varier cette preſſion en chargeant plus ou moins le baſſin P. Lors donc qu'on veut introduire de l'air, on donne une preſſion nulle & quelquefois même négative. Lorſqu'au contraire on veut en faire ſortir, on augmente la preſſion juſqu'au degré où on le juge à propos.

Le troiſième tuyau 12, 13, 14, 15 eſt deſtiné à conduire l'air ou le gaz à telle diſtance qu'on le juge à propos pour les combuſtions, combinaiſons ou autres opérations de ce genre.

Pour entendre l'uſage du quatrième tuyau, il eſt néceſſaire que j'entre dans quelques explications. Je ſuppoſe que le vaſe L M N O, *fig.* 1, ſoit rempli d'eau, & que la cloche A ſoit en partie pleine d'air & en partie pleine d'eau : il eſt évident qu'on peut proportionner tellement les poids placés dans le baſſin P, qu'il y ait un juſte équilibre & que l'air ne tende ni à rentrer dans la cloche A, ni à en ſortir; l'eau dans cette ſuppoſition ſera au même niveau en-dedans & au-dehors de la cloche. Il n'en ſera plus de même, ſitôt qu'on aura diminué le poids placé dans le baſſin P, & qu'il y aura preſſion du côté de la cloche : alors le niveau de l'eau ſera plus bas dans l'intérieur qu'à l'ex-

térieur de la cloche, & l'air de l'intérieur se trouvera plus chargé que celui du dehors, d'une quantité qui sera mesurée exactement par le poids d'une colonne d'eau d'une hauteur égale à la différence des deux niveaux.

M. Meusnier, en partant de cette observation, a imaginé d'en déduire un moyen de reconnoître dans tous les instans le degré de pression qu'éprouveroit l'air contenu dans la capacité de la cloche A, *planche VIII, fig. 1.* Il s'est servi à cet effet d'un siphon de verre à deux branches 19, 20, 21, 22 & 23, solidement mastiqué en 19 & en 23. L'extrêmité 19 de ce siphon communique librement avec l'eau de la cuve ou vase extérieur. L'extrêmité 23 au contraire communique avec le quatrième tuyau dont je me suis réservé il n'y a qu'un moment d'expliquer l'usage, & par conséquent avec l'air de l'intérieur de la cloche, par le tuyau *s t*, *pl. IX*, *fig. 4.* Enfin M. Meusnier a mastiqué en 16, *planche VIII*, *fig. 1*, un autre tube droit de verre 16, 17, 18, qui communique par son extrêmité 16 avec l'eau du vase extérieur : il est ouvert à l'air libre par son extrêmité supérieure 18.

Il est clair, d'après ces dispositions, que l'eau doit se tenir dans le tube 16, 17 & 18, constamment au niveau de celle de la cuve ou

vase

vafe extérieur ; que l'eau au contraire dans la branche 19, 20 & 21, doit fe tenir plus haut ou plus bas, fuivant que l'air de l'intérieur de la cloche eft plus ou moins preffé que l'air extérieur, & que la différence de hauteur entre ces deux colonnes, obfervée dans le tube 16, 17 & 18, & dans celui 19, 20 & 21, doit donner exactement la mefure de la différence de preffion. On a fait placer en conféquence entre ces deux tubes une règle de cuivre graduée & divifée en pouces & lignes, pour mefurer ces différences.

On conçoit que l'air & en général tous les fluides élaftiques aériformes étant d'autant plus lourds qu'ils font plus comprimés, il étoit néceffaire pour en évaluer les quantités & pour convertir les volumes en poids, d'en connoître l'état de compreffion : c'eft l'objet qu'on s'eft propofé de remplir par le méchanifme qu'on vient d'expofer.

Mais ce n'eft pas encore affez pour connoître la pefanteur fpécifique de l'air ou des gaz & pour déterminer leur poids fous un volume connu, que de favoir quel eft le degré de compreffion qu'ils éprouvent, il faut encore en connoître la température, & c'eft à quoi nous fommes parvenus à l'aide d'un petit thermomètre dont la boule plonge dans la cloche A, & dont la

graduation s'élève en-dehors : il eſt ſolidement maſtiqué dans une virole de cuivre qui ſe viſſe à la calote ſupérieure de la cloche A. *Voyez* 24 & 25, *planche VIII*, *fig.* 1, & *pl. IX*, *fig.* 4. Ce même thermomètre eſt repréſenté ſéparément, *pl. VIII*, *fig.* 10.

L'uſage du gazomètre auroit encore préſenté de grands embarras & de grandes difficultés, ſi nous nous fuſſions bornés à ces ſeules précautions. La cloche, en s'enfonçant dans l'eau du vaſe extérieur L M N O, perd de ſon poids, & cette perte de poids eſt égale à celui de l'eau qu'elle déplace. Il en réſulte que la preſſion qu'éprouve l'air ou le gaz contenu dans la cloche, diminue continuellement à meſure qu'elle s'enfonce ; que le gaz qu'elle a fourni dans le premier inſtant, n'eſt pas de la même denſité que celui qu'elle fournit à la fin ; que ſa peſanteur ſpécifique va continuellement en décroiſſant ; &, quoiqu'à la rigueur ces différences puiſſent être déterminées par le calcul, on auroit été obligé à des recherches mathématiques qui auroient rendu l'uſage de cet appareil embarraſſant & difficile. Pour remédier à cet inconvénient, M. Meuſnier a imaginé d'élever perpendiculairement au milieu du fléau une tige quarrée de fer 26 & 27, *pl. VIII*, *fig.* 1, qui traverſe une lentille creuſe de cuivre 28, qu'on

ouvre & qu'on peut remplir de plomb. Cette lentille gliſſe le long de la tige 26 & 27; elle ſe meut par le moyen d'un pignon denté qui engraîne dans une crémaillère, & elle ſe fixe à l'endroit qu'on juge à propos.

Il eſt clair que quand le levier DE eſt horiſontal, la lentille 28 ne pèſe ni d'un côté ni d'un autre; elle n'augmente donc ni ne diminue la preſſion. Il n'en eſt plus de même quand la cloche A s'enfonce davantage & que le levier s'incline d'un côté, comme on le voit *fig. 1.* Alors le poids 28 qui n'eſt plus dans la ligne verticale qui paſſe par le centre de ſuſpenſion, pèſe du côté de la cloche & augmente ſa preſſion. Cet effet eſt d'autant plus grand, que la lentille 28 eſt plus élevée vers 27, parce que le même poids exerce une action d'autant plus forte, qu'il eſt appliqué à l'extrémité d'un levier plus long. On voit donc qu'en promenant le poids 28 le long de la tige 26 & 27, ſuivant laquelle il eſt mobile, on peut augmenter ou diminuer l'effet de la correction qu'il opère; & le calcul comme l'expérience, prouvent qu'on peut arriver au point de compenſer fort exactement la perte de poids que la cloche éprouve à tous les degrés de preſſion.

Je n'ai encore rien dit de la manière d'évaluer les quantités d'air ou de gaz fournies par

la machine, & cet article eſt de tous le plus important. Pour déterminer avec une rigoureuſe exactitude ce qui s'eſt dépenſé dans le cours d'une expérience, & réciproquement pour ſavoir ce qui en a été fourni, nous avons établi ſur l'arc de cercle qui termine le levier DE, *fig. 1*, un limbe de cuivre *l m* diviſé en degrés & demi-degrés; cet arc eſt fixé au levier DE, & il eſt emporté par un mouvement commun. On meſure les quantités dont il s'abaiſſe, au moyen d'un index fixe 29, 30, qui ſe termine en 30 par un *nonnius* qui donne les centièmes de degré.

On voit, *planche VIII*, les détails des différentes parties que nous venons de décrire.

1°. *Figure 2*, la chaîne plate qui ſoutient le baſſin de balance P; c'eſt celle de M. Vaucanſon : mais comme elle a l'inconvénient de s'alonger ou de ſe raccourcir ſuivant qu'elle eſt plus ou moins chargée, il y auroit eu de l'inconvénient à l'employer à la ſuſpenſion de la cloche A.

2°. *Figure 5*, la chaîne *i k m*, qui, dans la *figure 1* porte la cloche A : elle eſt toute formée de plaques de fer limées, enchevêtrées les unes dans les autres, & maintenues par des chevilles de fer. Quelque fardeau qu'on faſſe ſupporter à ce genre de chaîne, elle ne s'alonge pas ſenſiblement.

3°. *Figure 6*, l'étrier à trois branches, par le moyen duquel eſt ſuſpendue la cloche A avec des vis de rappel, pour la fixer dans une poſition bien verticale.

4°. *Figure 3*, la tige 26, 27, qui s'élève perpendiculairement au milieu du fléau, & qui porte la lentille 28.

5°. *Figures 7 & 8*, les rouleaux avec la bande *z* de criſtal de roche, ſur laquelle portent les contacts, pour diminuer encore le frottement.

6°. *Figure 4*, la pièce qui porte l'axe des rouleaux.

7°. *Figure 9*, le milieu du fléau avec le tourillon ſur lequel il eſt mobile.

8°. *Figure 10*, le thermomètre qui donne le degré de l'air contenu dans la cloche.

Quand on veut ſe ſervir du gazomètre qu'on vient de décrire, il faut commencer par remplir d'eau le vaſe extérieur L M N O, *planche VIII*, *fig. 1*, juſqu'à une hauteur déterminée, qui doit toujours être la même dans toutes les expériences. Le niveau de l'eau doit être pris quand le fléau de la machine eſt horiſontal. Ce niveau, quand la cloche eſt à fond, ſe trouve augmenté de toute la quantité d'eau qu'elle a déplacée; il diminue au contraire à meſure que la cloche approche de ſon plus haut point d'élévation. On cherche enſuite par tâtonne-

mens quelle eſt l'élévation à laquelle doit être fixée la lentille 28, pour que la preſſion ſoit égale dans toutes les poſitions du fléau. Je dis à peu près, parce que la correction n'eſt pas rigoureuſe, & que des différences d'un quart de ligne & même d'une demi-ligne ne ſont d'aucune conſéquence. Cette hauteur à laquelle il faut élever la lentille, n'eſt pas la même pour tous les degrés de preſſion; elle varie ſuivant que cette preſſion eſt de 1 pouce, 2 pouces, 3 pouces, &c. Toutes ces déterminations doivent être écrites à meſure ſur un regiſtre avec beaucoup d'ordre.

Ces premières diſpoſitions faites, on prend une bouteille de huit à dix pintes, dont on détermine bien la capacité en peſant exactement la quantité d'eau qu'elle peut contenir. On renverſe cette bouteille ainſi pleine dans la cuve GHIK, *fig. 1*. On en poſe le gouleau ſur la tablette à la place de la cloche V, en engageant l'extrêmité 11 du tuyau 7, 8, 9, 10, 11 dans ſon gouleau. On établit la machine à zéro de preſſion, & on obſerve bien exactement le degré marqué par l'index ſur le limbe: puis ouvrant le robinet 8 & appuyant un peu ſur la cloche A, on fait paſſer autant d'air qu'il en faut pour remplir entièrement la bouteille. Alors on obſerve de nouveau le limbe, & on eſt en état

de calculer le nombre de pouces cubes qui répondent à chaque degré.

Après cette première bouteille on en remplit une feconde, une troifième, &c. on recommence même plufieurs fois cette opération, & même avec des bouteilles de différentes capacités ; & avec du tems & une fcrupuleufe attention on parvient à jauger la cloche A dans toutes fes parties. Le mieux eft de faire en forte qu'elle foit bien tournée & bien cylindrique, afin d'éviter les évaluations & les calculs.

L'inftrument que je viens de décrire & que j'ai nommé gazomètre, a été conftruit par M. Meignié le jeune, ingénieur, conftructeur d'inftrumens de phyfique, bréveté du Roi. Il y a apporté un foin, une exactitude & une intelligence rares. C'eft un inftrument précieux par le grand nombre des applications qu'on en peut faire, & parce qu'il eft des expériences à peu près impoffibles fans lui. Ce qui le renchérit, c'eft qu'un feul ne fuffit pas, il le faut double dans un grand nombre de cas, comme dans la formation de l'eau, dans celle de l'acide nitreux, &c. C'eft un effet inévitable de l'état de perfection dont la Chimie commence à s'approcher, que d'exiger des inftrumens & des appareils difpendieux & compliqués ; il faut s'attacher fans doute à les fimpli-

fier, mais il ne faut pas que ce soit aux dépens de leur commodité & sur-tout de leur exactitude.

§. III.

De quelques autres manières de mesurer le volume des Gaz.

Le gazomètre dont je viens de donner la description dans le paragraphe précédent, est un instrument trop compliqué & trop cher, pour qu'on puisse l'employer habituellement à la mesure des gaz dans les laboratoires; il s'en faut même beaucoup qu'il soit applicable à toutes les circonstances. Il faut pour une multitude d'expériences courantes, des moyens plus simples & qui soient, si l'on peut se permettre cette expression, plus à la main. Je vais détailler ici ceux dont je me suis servi jusqu'au moment où j'ai eu un gazomètre à ma disposition, & dont je me sers encore aujourd'hui de préférence dans le cours ordinaire de mes expériences.

J'ai décrit dans le paragraphe premier de ce chapitre les appareils pneumato-chimiques à l'eau & au mercure. Ils consistent, comme on l'a vu, en cuves plus ou moins grandes sur la tablette desquelles se posent les cloches desti-

nées à recevoir les gaz. Je suppose qu'à la suite d'une expérience quelconque, on ait dans un appareil de cette espèce un résidu de gaz qui n'est absorbable ni par l'alkali ni par l'eau, qui est contenu dans le haut d'une cloche A E F, *planche IV*, *fig. 3*, & dont on veut connoître le volume. On commence par marquer avec une grande exactitude par le moyen de bandes de papier la hauteur E F de l'eau ou du mercure. Il ne faut pas se contenter d'appliquer une seule marque d'un des côtés de la cloche, parce qu'il pourroit rester de l'incertitude sur le niveau du liquide : il en faut au moins trois ou même quatre en opposition les unes aux autres.

On doit ensuite, si c'est sur du mercure qu'on opère, faire passer sous la cloche de l'eau pour déplacer le mercure. Cette opération se fait facilement avec une bouteille qu'on emplit d'eau à rase : on en bouche l'orifice avec le doigt, on la renverse & on engage son col sous la cloche ; puis retournant la bouteille, on en fait sortir l'eau qui s'élève au-dessus de la colonne de mercure & qui la déplace. Lorsque tout le mercure est ainsi déplacé, on verse de l'eau sur la cuve A B C D, de manière que le mercure en soit couvert d'un pouce environ. On passe une assiète ou un vase quelconque très-plat sous la cloche, & on l'enlève pour la

tranfporter fur une cuve à eau, *planc. V*, *figures 1* & *2*. Alors on tranfvafe l'air dans une cloche qui a été graduée de la manière dont je vais l'expliquer, & on juge de la quantité du gaz par les graduations de la cloche.

A cette première manière de déterminer le volume du gaz, on peut en fubftituer une autre qu'il eft bon d'employer comme moyen de vérification. L'air ou le gaz une fois tranfvafé, on retourne la cloche qui le contenoit, & on y verfe de l'eau jufqu'aux marques E F ; on pèfe cette eau, & de fon poids on en conclut le volume, d'après cette donnée qu'un pied cube ou 1728 pouces d'eau pèfent 70 liv. On trouvera à la fin de cette troifième partie une Table où ces réductions fe trouvent toutes faites.

La manière de graduer les cloches eft extrêmement facile, & je vais en donner le procédé afin que chacun puiffe s'en procurer. Il eft bon d'en avoir de plufieurs grandeurs, & même un certain nombre de chaque grandeur, pour y avoir recours en cas d'accident.

On prend une cloche de criftal un peu forte, longue & étroite ; on l'emplit d'eau dans la cuve repréfentée *planche V*, *fig. 1*, & on la pofe fur la tablette A B C D. On doit avoir une place déterminée qui ferve conftamment à

ce genre d'opération, afin que le niveau de la tablette ſur laquelle on poſe la cloche ſoit toujours le même ; on évite par-là preſque la ſeule erreur dont ce genre d'opération ſoit ſuſceptible.

D'un autre côté, on choiſit une bouteille à gouleau étroit qui, pleine à raſe, contienne juſte 6 onces 3 gros 61 grains d'eau, ce qui répond à un volume de 10 pouces cubiques. Si on ne trouvoit pas de bouteille qui eût préciſément cette capacité, on en prendroit une un peu plus grande, & on y couleroit un peu de cire fondue avec de la réſine, pour en diminuer la capacité : cette bouteille ſert d'étalon pour jauger la cloche, & voici comme on y procède. On fait paſſer l'air contenu dans cette bouteille dans la cloche qu'on ſe propoſe de graduer, puis on fait une marque à la hauteur juſqu'à laquelle eſt deſcendue l'eau. On ajoute une ſeconde meſure d'air & on fait une nouvelle marque ; on continue ainſi juſqu'à ce que toute l'eau de la cloche ait été déplacée. Il eſt important pendant le cours de cette opération, que la bouteille & la cloche ſoient maintenues conſtamment à la même température, & que cette température differe peu de celle de l'eau de la cuve. On doit donc éviter d'appliquer les mains ſur la cloche, ou au

moins de les y tenir long-tems, pour ne la pas échauffer : ſi même on craignoit qu'elle ne l'eût été, il faudroit verſer deſſus de l'eau de la cuve pour la rafraîchir. La hauteur du baromètre & du thermomètre eſt indifférente pour cette opération, pourvu qu'elle ne varie pas pendant qu'elle dure.

Lorſque les marques ont été ainſi placées de 10 pouces en 10 pouces ſur la cloche, on y trace une graduation avec une pointe de diamant emmanchée dans une petite tige de fer. On trouve des diamans ainſi montés pour un prix modique au Louvre, chez le ſucceſſeur de Paſſement. On peut graduer de la même manière des tubes de criſtal pour le mercure : on les diviſe alors de pouce en pouce & même de dixièmes de pouce en dixièmes de pouce. La bouteille qui ſert de jauge doit contenir juſte 8 onces 6 gros 25 grains de mercure ; c'eſt le poids équivalent à un pouce cubique.

Cette manière de déterminer les volumes d'air, au moyen d'une cloche graduée, comme on vient de l'expoſer, a l'avantage de n'exiger aucune correction pour la différence de hauteur qui exiſte entre le niveau de l'eau dans l'intérieur de la cloche, & celui de l'eau de la cuve : mais il ne diſpenſe pas des corrections relatives à la hauteur du baromètre & du ther-

momètre. Lorſqu'on détermine au contraire le volume de l'air par le poids de l'eau contenue jusqu'aux marques E F, on a une correction de plus à faire pour la différence des niveaux du fluide en-dedans & en-dehors de la cloche, comme je l'expliquerai dans le §. V de ce chapitre.

§. IV.

De la manière de ſéparer les unes des autres les différentes eſpèces de Gaz.

On n'a préſenté dans le paragraphe précédent qu'un cas des plus ſimples, celui où l'on ſe propoſe de déterminer le volume d'un gaz pur non abſorbable par l'eau: les expériences conduiſent ordinairement à des réſultats plus compliqués, & il n'eſt pas rare d'obtenir à la fois trois ou quatre eſpèces de gaz différentes. Je vais eſſayer de donner une idée de la manière dont on parvient à les ſéparer.

Je ſuppoſe que j'aye ſous la cloche A, *pl. IV, fig. 3*, une quantité A E F de différens gaz, mêlés enſemble & contenus par du mercure: on doit commencer par marquer exactement avec des bandes de papier, comme je l'ai preſcrit dans le paragraphe précédent, la hauteur du mercure: on fait enſuite paſſer ſous la cloche une très-petite quantité d'eau, d'un pouce

cubique, par exemple: ſi le mêlange de gaz contient du gaz acide muriatique ou du gaz acide ſulfureux, il y aura ſur-le-champ une abſorption très-conſidérable, parce que c'eſt une propriété de ces gaz d'être abſorbés en grande quantité par l'eau, ſur-tout le gaz acide muriatique. Si le pouce cube d'eau qui a été introduit ne produit qu'une très-légère abſorption & à peine égale à ſon volume, on en conclura que le mêlange ne contient ni gaz acide muriatique, ni gaz acide ſulfureux, ni même de gaz ammoniaque; mais on commencera dès-lors à ſoupçonner qu'il eſt mêlangé de gaz acide carbonique, parce qu'en effet l'eau n'abſorbe de ce gaz qu'un volume à peu près égal au ſien. Pour vérifier ce ſoupçon, on introduira ſous la cloche de l'alkali cauſtique en liqueur: s'il y a du gaz acide carbonique, on obſervera une abſorption lente & qui durera pluſieurs heures; l'acide carbonique ſe combinera avec l'alkali cauſtique ou potaſſe, & ce qui reſtera enſuite n'en contiendra pas ſenſiblement.

On n'oubliera pas à la ſuite de chaque expérience de coller des marques de papier ſur la cloche, à l'endroit où répondra la ſurface du mercure, & de les vernir dès qu'elles ſeront sèches, afin qu'on puiſſe plonger la cloche

dans l'eau ſans riſquer de les décoller. Il ſera également néceſſaire de tenir note de la différence de niveau entre le mercure de la cloche & celui de la cuve, ainſi que de la hauteur du baromètre & du degré du thermomètre.

Lorſqu'on aura ainſi abſorbé par l'eau & par la potaſſe tous les gaz qui en ſont ſuſceptibles, on fera paſſer de l'eau ſous la cloche pour en déplacer tout le mercure; on couvrira, comme je l'ai preſcrit dans le paragraphe précédent, le mercure de la cuve d'environ deux pouces d'eau; puis paſſant par-deſſous la cloche une aſſiète plate, on la tranſportera ſur la cuve pneumato-chimique à l'eau : là on déterminera la quantité d'air ou de gaz reſtant, en la faiſant paſſer dans une cloche graduée. Cela fait, on en prendra différens eſſais dans de petites jarres, & par des expériences préliminaires on cherchera à reconnoître quels ſont à peu près les gaz auxquels on a affaire. On introduira par exemple dans une des petites jarres remplie de ce gaz une bougie allumée, comme on le voit repréſenté *planche V, fig. 8.* Si la bougie ne s'y éteint pas, on en conclura qu'il contient du gaz oxygène, & même, ſuivant que la flamme de la bougie ſera plus ou moins éclatante, on pourra juger s'il en contient plus ou moins que l'air de l'atmoſphère. Dans le cas au contraire

où la bougie s'y éteindroit, on auroit une forte raiſon de préſumer que ce réſidu eſt, pour la plus grande partie, du gaz azote. Si à l'approche de la bougie le gaz s'enflamme & brûle paiſiblement à la ſurface avec une flamme de couleur blanche, on en conclura que c'eſt du gaz hydrogène pur; ſi elle eſt bleue, on aura lieu d'en conclure que ce gaz eſt carboniſé: enfin s'il brûle avec bruit & détonation, c'eſt un mêlange de gaz oxygène & de gaz hydrogène.

On peut encore mêler une portion du même gaz avec du gaz oxygène; s'il y a vapeurs rouges & abſorption, on en conclura qu'il contient du gaz nitreux.

Ces connoiſſances préliminaires donnent bien une idée de la qualité du gaz & de la nature du mêlange; mais elles ne ſuffiſent pas pour déterminer les proportions & les quantités. Il faut alors avoir recours à toutes les reſſources de l'analyſe, & c'eſt beaucoup que de ſavoir à peu près dans quel ſens il faut diriger ſes efforts. Je ſuppoſe que l'on ait reconnu que le réſidu ſur lequel on opère ſoit un mêlange de gaz azote & de gaz oxygène: pour en reconnoître la proportion, on en fait paſſer une quantité déterminée, 100 parties par exemple, dans un tube gradué de 10 à 12 lignes de diamètre:

mètre : on y introduit du ſulfure de potaſſe diſſous dans l'eau, & on laiſſe le gaz en contact avec cette liqueur ; elle abſorbe tout le gaz oxygène, & au bout de quelques jours il ne reſte que du gaz azote.

Si au contraire on a reconnu qu'on avoit affaire à du gaz hydrogène, on en fait paſſer une quantité déterminée dans un eudiomètre de Volta ; on y joint une première portion de gaz oxygène, qu'on fait détoner avec lui par l'étincelle électrique : on ajoute une ſeconde portion du même gaz oxygène, & on fait détoner de nouveau, & ainſi juſqu'à ce qu'on ait obtenu la plus grande diminution poſſible de volume. Il ſe forme, comme on ſait, dans cette détonation, de l'eau qui eſt abſorbée ſur-le-champ ; mais ſi le gaz hydrogène contenoit du carbone, il ſe forme en même tems de l'acide carbonique qui ne s'abſorbe pas auſſi promptement, & dont on peut reconnoître la quantité en facilitant ſon abſorption par l'agitation de l'eau.

Enfin ſi on a du gaz nitreux, on peut encore en déterminer la quantité, du moins à peu près, par une addition de gaz oxygène, & d'après la diminution du volume qui en réſulte.

Je m'en tiendrai à ces exemples généraux qui ſuffiſent pour donner une idée de ce genre

d'opérations. Un volume entier ne ſuffiroit pas, ſi l'on vouloit prévoir tous les cas. L'analyſe des gaz eſt un art avec lequel il faut ſe familiariſer ; mais comme ils ont la plupart de l'affinité les uns avec les autres, il faut avouer qu'on n'eſt pas toujours sûr de les avoir complètement ſéparés. C'eſt alors qu'il faut changer de marche & de route, refaire d'autres expériences ſous une autre forme, introduire quelque nouvel agent dans la combinaiſon, en écarter d'autres, juſqu'à ce qu'on ſoit sûr d'avoir ſaiſi la vérité.

§. V.

Des corrections à faire au volume des Gaz obtenus dans les expériences, relativement à la preſſion de l'atmoſphère.

C'eſt une vérité donnée par l'expérience, que les fluides élaſtiques en général ſont compreſſibles en raiſon des poids dont ils ſont chargés. Il eſt poſſible que cette loi ſouffre quelqu'altération aux approches du degré de compreſſion qui ſeroit ſuffiſant pour les réduire à l'état liquide, & de même à un degré de dilatation ou de compreſſion extrême : mais nous ne ſommes pas près de ces limites pour la plupart des gaz que nous ſoumettons à des expériences.

Quand je dis que les fluides élaſtiques ſont

compreſſibles en raiſon des poids dont ils ſont chargés ; voici comme il faut entendre cette propoſition.

Tout le monde ſait ce que c'eſt qu'un baromètre. C'eſt, à proprement parler, un ſiphon ABCD, *pl. XII, fig.* 16, plein de mercure dans la branche AB, plein d'air dans la branche BCD. Si l'on ſuppoſe mentalement cette branche BCD prolongée indéfiniment juſqu'au haut de notre atmoſphère, on verra clairement que le baromètre n'eſt autre choſe qu'une ſorte de balance, un inſtrument dans lequel on met une colonne de mercure en équilibre avec une colonne d'air. Mais il eſt facile de s'appercevoir que, pour que cet effet ait lieu, il eſt parfaitement inutile de prolonger la branche BCD à une auſſi grande hauteur, & que comme le baromètre eſt plongé dans l'air, la colonne AB de mercure ſera également en équilibre avec une colonne de même diamètre d'air de l'atmoſphère ; quoique la branche du ſiphon BCD ſoit coupée en C & qu'on en retranche la partie CD.

La hauteur moyenne d'une colonne de mercure capable de faire équilibre avec le poids d'une colonne d'air priſe depuis le haut de l'atmoſphère juſqu'à la ſurface de la terre, eſt de 28 pouces de mercure, du moins à Paris & même dans les quartiers bas de la ville : ce qui

ſignifie en d'autres termes que l'air à la ſurface de la terre à Paris, eſt communément preſſé par un poids égal à celui d'une colonne de mercure de 28 pouces de hauteur. C'eſt ce que j'ai voulu exprimer dans cet Ouvrage, lorſque j'ai dit en parlant des différens gaz, par exemple du gaz oxygène, qu'il peſoit 1 once 4 gros le pied cube, ſous une preſſion de 28 pouces. La hauteur de cette colonne de mercure diminue à meſure que l'on s'élève & qu'on s'éloigne de la ſurface de la terre, ou, pour parler plus rigoureuſement, de la ligne de niveau formée par la ſurface de la mer; parce qu'il n'y a que la colonne d'air ſupérieure au baromètre qui faſſe équilibre avec le mercure, & que la preſſion de toute la quantité d'air qui eſt au-deſſous du niveau où il eſt placé, eſt nulle par rapport à lui.

Mais, ſuivant quelle loi le baromètre baiſſe-t-il à meſure que l'on s'élève; ou, ce qui revient au même, quelle eſt la loi ſuivant laquelle les différentes couches de l'atmoſphère décroiſſent de denſité? C'eſt ce qui a beaucoup exercé la ſagacité des Phyſiciens du dernier ſiècle. L'expérience ſuivante a d'abord jetté beaucoup de lumière ſur cet objet.

Si l'on prend un ſiphon de verre A B C D E, *planche XII, fig. 17*, fermé en E & ouvert

en A, & qu'on y introduiſe quelques gouttes de mercure pour intercepter la communication entre la branche A B & la branche B E, il eſt clair que l'air contenu dans la branche B C D E ſera preſſé comme tout l'air environnant par une colonne égale au poids de 28 pouces de mercure. Mais ſi on verſe du mercure dans la branche A B, juſqu'à 28 pouces de hauteur, il eſt clair que l'air de la branche B C D E ſera preſſé par un poids égal à deux fois 28 pouces de mercure; or l'expérience a démontré qu'alors au lieu d'occuper le volume total B E, il n'occupera plus que celui C E qui en eſt préciſément la moitié. Si à cette première colonne de 28 pouces de mercure, on en ajoute deux autres également de 28 pouces dans la branche A C, l'air de la branche B C D E ſera comprimé par quatre colonnes chacune égale au poids de 28 pouces de mercure, & il n'occupera plus que l'eſpace D E, c'eſt-à-dire, le quart du volume qu'il occupoit au commencement de l'expérience. De ces réſultats qu'on peut varier d'une infinité de manières, on en a déduit cette loi générale qui paroît applicable à tous les fluides élaſtiques, que leur volume décroît proportionnellement aux poids dont ils ſont chargés; ce qui peut auſſi s'énoncer en ces termes, que *le volume de tout fluide élaſtique eſt en raiſon in-*

verse des poids dont il est comprimé. Les expériences faites pour la mesure des hautes montagnes ont pleinement confirmé l'exactitude de ces résultats, & en supposant qu'ils s'écartent de la vérité, les différences sont si excessivement petites qu'elles peuvent être regardées comme rigoureusement nulles dans les expériences chimiques.

Cette loi de la compression des fluides élastiques une fois bien entendue, il est aisé d'en faire l'application aux corrections qu'il est indispensable de faire au volume des airs ou gaz dans les expériences pneumato chimiques. Ces corrections sont de deux genres; les unes relatives à la variation du baromètre, les autres relatives à la colonne d'eau ou de mercure contenus dans les cloches. Je vais faire en sorte de me rendre intelligible par des exemples; je commencerai par le cas le plus simple.

Je suppose qu'on ait obtenu 100 pouces de gaz oxygène à 10 degrés de température, le baromètre marquant 28 pouces 6 lignes. On peut demander deux choses; la première quel est le volume que les 100 pouces occuperoient sous une pression de 28 pouces, au lieu de 28 pouces 6 lignes; la seconde quel est le poids des 100 pouces de gaz obtenus?

Pour répondre à ces deux questions, on nommera x le nombre de pouces cubiques qu'oc-

cuperoient les 100 pouces de gaz oxygène, à la preſſion de 28 pouces; & puiſque les volumes ſont en raiſon inverſe des poids comprimans, on aura 100,^{pouces} : x :: $\frac{1}{285}$: $\frac{1}{280}$; d'où l'on déduit aiſément $x = 101{,}786$ pouces. C'eſt-à-dire, que le même air qui n'occupoit qu'un eſpace de 100 pouces cubiques, ſous une preſſion de 28 pouces 6 lignes de mercure, en occuperoit un de 101,786 pouces, à la preſſion de 28. Il n'eſt pas plus difficile de conclure le poids des mêmes 100 pouces d'air, ſous une preſſion de 28 pouces 6 lignes. Car puiſqu'ils répondent à 101,786 pouces, à la preſſion de 28 pouces, & qu'à cette preſſion & à 10 degrés du thermomètre, le pouce cube de gaz oxygène pèſe un demi-grain; il s'en ſuit évidemment que les 100 pouces, ſous une preſſion de 28 pouces 6 lignes, pèſent 50,893 grains. On auroit pu arriver directement à cette conſéquence par le raiſonnement qui ſuit : puiſque les volumes de l'air, & en général d'un fluide élaſtique quelconque, ſont en raiſon inverſe des poids qui le compriment, il en réſulte par une conſéquence néceſſaire que la peſanteur de ce même air doit croître proportionnellement au poids comprimant. Si donc, 100 pouces cubiques de gaz oxygène pèſent 50 grains, à la preſſion de 28 pouces, combien peſeront-ils à la preſſion de

pouces
28,5, on aura alors cette proportion, 28 : 50 : : 28,5 : x; d'où l'on conclura également
grains
$x = 50{,}893$.

Je passe à un cas un peu plus compliqué. Je suppose que la cloche A, *planche XII, fig.* *18*, contienne un gaz quelconque dans sa partie supérieure A C D; que le reste de cette même cloche soit rempli de mercure au-dessous de C D, & que le tout soit plongé dans un bassin G H I K contenant du mercure jusqu'en E F. Enfin, je suppose encore que la différence C E de la hauteur du mercure dans la cloche & dans le bassin soit de 6 pouces, & que la hauteur du baromètre soit de 27 pouces 6 lignes. Il est clair que d'après ces données, l'air contenu dans la capacité A C D est pressé par le poids de l'atmosphère, diminué du poids de la colonne de mercure C E. La force qui
pouces
le presse est donc égale à 27,5 — 6,pouces =
pouces
21,5. Cet air est donc moins pressé que ne l'est l'air de l'atmosphère à la hauteur moyenne du baromètre : il occupe donc plus d'espace qu'il n'en devroit occuper, & la différence est précisément proportionnelle à la différence des poids qui le compriment. Si donc après avoir mesuré l'espace A B C, on l'a trouvé, par exemple, de 120 pouces cubiques, il faudra

pour ramener le volume du gaz à celui qu'il occuperoit, à une preſſion de 28 pouces, faire la proportion ſuivante : 120 pouces eſt au volume cherché que j'appellerai x, comme $\frac{1}{21,5}$ eſt à $\frac{1}{28}$; d'où l'on déduira $x = \frac{120 \times 21,5}{28} = 92,143$ pouces.

On a le choix dans ces ſortes de calculs, ou de réduire en lignes la hauteur du baromètre, ainſi que la différence du niveau du mercure en-dedans & en-dehors de la cloche, ou de l'exprimer en fractions décimales de pouces. Je préfère ce dernier parti, qui rend le calcul plus court & plus facile. On ne doit point négliger les méthodes d'abréviations pour les opérations qui ſe répètent ſouvent : j'ai joint en conſéquence à la ſuite de cette troiſième partie, ſous le N°. IV, une table qui exprime les fractions décimales de pouces correſpondantes aux lignes & fractions de lignes. Rien ne ſera plus aiſé, d'après cette table, que de réduire en fractions décimales de pouces les hauteurs du mercure qu'on aura obſervées en lignes.

On a des corrections ſemblables à faire lorſqu'on opère dans l'appareil pneumato-chimique à l'eau. Il faut également, pour obtenir des réſultats rigoureux, tenir compte de la dif-

férence de hauteur de l'eau en-dehors & en-dedans de la cloche. Mais, comme c'eſt en pouces & lignes du baromètre, & par conſéquent en pouces & lignes de mercure, que s'exprime la preſſion de l'atmoſphère, & qu'on ne peut additionner enſemble que des quantités homogènes, on eſt obligé de réduire les différences de niveau exprimées en pouces & lignes d'eau, en une hauteur équivalente de mercure. On part, pour cette converſion, de cette donnée, que le mercure eſt 13,5681 fois auſſi peſant que l'eau. On trouve à la fin de cet Ouvrage ſous le N°. V, une table à l'aide de laquelle on peut faire promptement & facilement cette réduction.

§. VI.

Des Corrections relatives aux différens degrés du Thermomètre.

De même que pour avoir le poids de l'air & des gaz il eſt néceſſaire de les réduire à une preſſion conſtante, telle que celle de 28 pouces de mercure; de même auſſi il eſt néceſſaire de les réduire à une température déterminée: car puiſque les fluides élaſtiques ſont ſuſceptibles de ſe dilater par la chaleur & de ſe condenſer par le froid, il en réſulte néceſſairement qu'ils changent de denſité, & que leur peſan-

teur n'eſt plus la même ſous un volume donné. La température de 10 degrés étant moyenne entre les chaleurs de l'été & les froids de l'hiver, cette température étant celle des ſouterrains, & celle en même tems dont il eſt le plus facile de ſe rapprocher dans preſque toutes les ſaiſons de l'année, c'eſt celle que j'ai choiſie pour y ramener les airs ou gaz.

M. de Luc a trouvé que l'air de l'atmoſphère augmentoit de $\frac{1}{215}$ de ſon volume par chaque degré du thermomètre à mercure diviſé en 81 degrés de la glace à l'eau bouillante; ce qui donne pour un degré du thermomètre à mercure diviſé en 80 parties, $\frac{1}{211}$. Les expériences de M. Monge ſembleroient annoncer que le gaz hydrogène eſt ſuſceptible d'une dilatation un peu plus forte; il l'a trouvée de $\frac{1}{180}$. A l'égard de la dilatation des autres gaz, nous n'avons pas encore d'expériences très-exactes; celles du moins qui exiſtent n'ont pas été publiées. Il paroît cependant, à en juger par les tentatives que l'on connoît, que leur dilatabilité s'éloigne peu de celle de l'air commun. Je crois donc pouvoir ſuppoſer que l'air de l'atmoſphère ſe dilate de $\frac{1}{210}$ par chaque degré du thermomètre, & le gaz hydrogène de $\frac{1}{190}$: mais comme il reſte quelque incertitude ſur ces détermina-

tions, il faut, autant qu'il eſt poſſible, n'opérer qu'à une température peu éloignée de 10 degrés. Les erreurs qu'on peut alors commettre dans des corrections relatives au degré du thermomètre, ne ſont d'aucune conſéquence.

Le calcul à faire pour ces corrections eſt extrêmement facile; il conſiſte à diviſer le volume de l'air obtenu par 210, & à multiplier le nombre trouvé par celui des degrés du thermomètre ſupérieur ou inférieur à 10 degrés. Cette correction eſt négative au-deſſus de dix degrés, & additive au-deſſous. Le réſultat qu'on obtient eſt le volume réel de l'air à la température de 10 degrés.

On abrège & on facilite beaucoup tous ces calculs, en employant des tables de logarithmes.

§. VII.

Modèle de calcul pour les Corrections relatives au degré de preſſion & de température.

Maintenant que j'ai indiqué la manière de déterminer le volume des airs ou gaz & de faire à ce volume les corrections relatives à la preſſion & à la température, il me reſte à donner un exemple pris dans un cas compliqué, afin de mieux faire ſentir l'uſage des tables qui ſe trouvent à la fin de cet Ouvrage.

Exemple.

On a renfermé dans une cloche A, *pl. IV*, *fig. 3*, une quantité d'air AEF, qui s'eſt trouvée occuper un volume de 353 pouces cubiques. Cet air étoit contenu par de l'eau, & la hauteur EL de la colonne d'eau dans l'intérieur de la cloche étoit de 4 pouces & demi au-deſſus du niveau de celle de la cuve; enfin le baromètre étoit à 27 pouces 9 lignes & demie, & le thermomètre à 15 degrés.

On a brûlé dans cet air une ſubſtance quelconque, telle que du phoſphore, dont le réſultat eſt l'acide phoſphorique qui, loin d'être dans l'état de gaz, eſt au contraire dans l'état concret. L'air reſtant après la combuſtion occupoit un volume de 295 pouces; la hauteur de l'eau dans l'intérieur de la cloche étoit de 7 pouces au-deſſus de celle de la cuve, le baromètre à 27 pouces 9 lignes $\frac{1}{4}$, & le thermomètre à 16 degrés.

Il eſt queſtion, d'après ces données, de déterminer quel eſt le volume de l'air avant & après la combuſtion, & d'en conclure le volume de la partie qui a été abſorbée.

Calcul avant la combuſtion.

L'air contenu dans la cloche occupoit un volume de 353 pouces.

Mais il n'étoit pressé que par une colonne de 27 pouces 9 lignes $\frac{1}{2}$, ou en fractions décimales de pouces (*voyez* table, N°. IV.) de

pouces
. . . . 27,79167

Sur quoi il y a encore à déduire la différence de niveau de 4 pouces $\frac{1}{2}$ d'eau ; ce qui répond en mercure (*voyez* la table, N°. V.) à 0,33166

La pression réelle dont cet air étoit chargé, n'étoit donc que de. . .27,46001

Le volume des fluides élastiques diminuant en général en raison inverse des poids qui les compriment, il est clair, d'après ce que nous avons dit plus haut, que pour avoir le volume des 353 pouces sous une pression de 28 pouces, il faudra dire :

$$\overset{\text{pouces}}{353} : x :: \frac{1}{27,46001} : \frac{1}{28}$$

D'où l'on conclura :

$$x = \frac{353 \times 27,46001}{28} = \overset{\text{pouces}}{346,192}.$$ C'est le volume qu'auroit occupé ce même air sous une pression de vingt-huit pouces. Le 210e de ce volume égale $\overset{\text{pouce}}{1,650}$; ce qui donne pour les 5 degrés supérieurs au dixième degré du thermomètre, $\overset{\text{pouces}}{8,255}$; & comme cette correction est

ſouſtractive, on en conclura que le volume de l'air, toute correction faite, étoit avant la combuſtion de 337,942 pouces.

Calcul après la combuſtion.

En faiſant le même calcul ſur le volume de l'air après la combuſtion, on trouvera que la preſſion étoit alors de 27,77083 pouces — 0,51593 pouces = 27,25490 pouces. Ainſi, pour avoir le volume de l'air à 28 pouces de preſſion, il faudra multiplier 295 pouces, volume trouvé après la combuſtion, par 27,25490 pouces, & le diviſer par 28; ce qui donnera pour le volume corrigé, 287,150 pouces.

Le 210e de ce volume eſt 1,368 pouce, qui, multiplié par ſix degrés, donne pour correction négative de la température, 8,208 pouces.

D'où il réſulte que le volume de l'air, toutes corrections faites, étoit après la combuſtion de 278,942 pouces.

Réſultat.

Le volume, toutes corrections faites, avant la combuſtion étoit de.	337,942 pouces
Il étoit après la combuſtion de. . .	278,942
Donc quantité d'air abſorbée par la combuſtion du phoſphore.	59,000

§. VIII.

De la manière de déterminer le poids absolu des différens Gaz.

Dans tout ce que je viens d'exposer sur la manière de mesurer le volume des gaz & d'y faire les corrections relatives au degré de pression & de température, j'ai supposé qu'on en connoissoit la pesanteur spécifique, & qu'on pouvoit en conclure leur poids absolu : il me reste à donner une idée des moyens par lesquels on peut parvenir à cette connoissance.

On a un grand ballon A, *planc. V*, *fig. 10*, dont la capacité doit être d'un demi-pied cube, c'est-à-dire, de 17 à 18 pintes au moins ; on y mastique une virole de cuivre *b c d e* à laquelle s'adapte à vis en *de*, une platine à laquelle tient un robinet *f g*. Enfin le tout se visse, au moyen d'un double écrou représenté, *figure 12*, sur une cloche B C D dont la capacité doit être de quelques pintes plus grande que celle du ballon. Cette cloche est ouverte par le haut, & sa tubulure est garnie d'une virole de cuivre *h i*, & d'un robinet *l* ; un de ces robinets est représenté séparément, *figure 11*.

La première opération à faire est de déterminer la capacité de ce ballon ; on y parvient en

l'empliſſant d'eau, & en le peſant pour en connoître la quantité. Enſuite on vuide l'eau, & on sèche le ballon en y introduiſant un linge par l'ouverture *d e*; les derniers veſtiges d'humidité diſparoiſſent d'ailleurs, lorſqu'on a fait un ou deux fois le vuide dans le ballon.

Quand on veut déterminer la peſanteur d'un gaz, on viſſe le ballon A ſur la platine de la machine pneumatique, au-deſſous du robinet *f g*. On ouvre ce même robinet, & on fait le vuide du mieux qu'il eſt poſſible, ayant grand ſoin d'obſerver la hauteur à laquelle deſcend le baromètre d'épreuve. Le vuide fait, on referme le robinet, on pèſe le ballon avec une ſcrupuleuſe exactitude, après quoi on le reviſſe ſur la cloche BCD, qu'on ſuppoſe placée ſur la tablette de la cuve ABCD, *même planche*, *fig. 1*. On fait paſſer dans cette cloche le gaz qu'on veut peſer; puis ouvrant le robinet *f g* & le robinet *l m*, le gaz contenu dans la cloche paſſe dans le ballon A: en même tems l'eau remonte dans la cloche BCD. Il eſt néceſſaire, ſi l'on veut éviter une correction embarraſſante, d'enfoncer la cloche dans la cuve juſqu'à ce que le niveau de l'eau extérieure concoure avec celui de l'eau contenue dans l'intérieur de la cloche. Alors on ferme les robinets, on déviſſe le ballon & on le repèſe. Le poids, déduction faite

de celui du ballon vuide, donne la pesanteur du volume d'air ou de gaz qu'il contient. En multipliant ce poids par 1728 pouces, & divisant le produit par un nombre de pouces cubes égal à la capacité du ballon, on a le poids du pied cube du gaz mis en expérience.

Il est nécessaire de tenir compte dans ces déterminations de la hauteur du baromètre & du degré du thermomètre; après quoi rien n'est plus aisé que de ramener le poids du pied cube qu'on a trouvé à celui qu'auroit eu le même gaz à 28 pouces de pression & à 10 degrés du thermomètre. J'ai donné dans le paragraphe précédent le détail des calculs qu'exige cette opération.

Il ne faut pas négliger non plus de tenir compte de la petite portion d'air restée dans le ballon, quand on a fait le vuide; portion qu'il est facile d'évaluer, d'après la hauteur à laquelle s'est soutenu le baromètre d'épreuve. Si cette hauteur étoit, par exemple, d'un centième de la hauteur totale du baromètre, il en faudroit conclure qu'il est resté un centième d'air dans le ballon, & le volume du gaz qui y avoit été introduit ne seroit plus que des $\frac{99}{100}$ du volume total du ballon.

CHAPITRE III.

Des Appareils relatifs à la meſure du Calorique.

Deſcription du Calorimètre.

L'APPAREIL dont je vais eſſayer de donner une idée a été décrit dans un mémoire que nous avons publié M. de la Place & moi dans le recueil de l'Académie, année 1780, page 355. C'eſt de ce mémoire que ſera extrait tout ce que contient cet article.

Si après avoir refroidi un corps quelconque à zéro du thermomètre, on l'expoſe dans une atmoſphère, dont la température ſoit de 25 degrés au-deſſus du terme de la congélation, il s'échauffera inſenſiblement depuis ſa ſurface juſqu'à ſon centre, & ſe rapprochera peu-à-peu de la température de 25 degrés qui eſt celle du fluide environnant.

Il n'en ſera pas de même d'une maſſe de glace qu'on auroit placée dans la même atmoſphère : elle ne ſe rapprochera nullement de la température de l'air ambiant, mais elle reſtera conſtamment à zéro de température, c'eſt-à-dire,

à la glace fondante, & ce, juſqu'à ce que le dernier atôme de glace ſoit fondu.

La raiſon de ce phénomène eſt facile à concevoir : il faut pour fondre de la glace, & pour la convertir en eau, qu'il s'y combine une certaine proportion de calorique. En conſéquence, tout le calorique des corps environnans s'arrête à la ſurface de la glace où il eſt employé à la fondre : cette première couche fondue, la nouvelle quantité de calorique qui ſurvient en fond une ſeconde, & elle ſe combine également avec elle pour la convertir en eau, & ainſi ſucceſſivement de ſurfaces en ſurfaces, juſqu'au dernier atôme de glace qui ſera encore à zéro du thermomètre, parce que le calorique n'aura pas encore pu y pénétrer.

Que l'on imagine d'après cela une ſphère de glace creuſe, à la température de zéro degré du thermomètre ; que l'on place cette ſphère de glace dans une atmoſphère, dont la température ſoit, par exemple, de 10 degrés au-deſſus de la congélation, & qu'on place dans ſon intérieur un corps échauffé d'un nombre de degrés quelconques : il ſuit de ce qu'on vient d'expoſer deux conſéquences ; 1°. que la chaleur extérieure ne pénétrera pas dans l'intérieur de la ſphère ; 2°. que la chaleur d'un corps placé dans ſon intérieur ne ſe perdra pas non

plus au-dehors; mais qu'elle s'arrêtera à la surface intérieure de la cavité, où elle sera continuellement employée à fondre de nouvelles couches de glace, jusqu'à ce que la température du corps soit parvenue à zéro du thermomètre.

Si on recueille avec soin l'eau qui se sera formée dans l'intérieur de la sphère de glace, lorsque la température du corps placé dans son intérieur sera parvenue à zéro du thermomètre, son poids sera exactement proportionnel à la quantité de calorique que ce corps aura perdue, en passant de sa température primitive à celle de la glace fondante; car il est clair qu'une quantité double de calorique doit fondre une quantité double de glace; en sorte que la quantité de glace fondue est une mesure très-précise de la quantité de calorique employée à produire cet effet.

On n'a considéré ce qui se passoit dans une sphère de glace que pour mieux faire entendre la méthode que nous avons employée dans ce genre d'expériences, dont la première idée appartient à M. de la Place. Il seroit difficile de se procurer de semblables sphères, & elles auroient beaucoup d'inconvéniens dans la pratique; mais nous y avons suppléé au moyen de l'appareil suivant, auquel je donnerai le

nom de calorimètre. Je conviens que c'eſt s'expoſer à une critique, juſqu'à un certain point fondée, que de réunir ainſi deux dénominations, l'une dérivée du latin, l'autre dérivée du grec; mais j'ai cru qu'en matière de ſcience on pouvoit ſe permettre moins de pureté dans le langage, pour obtenir plus de clarté dans les idées; & en effet je n'aurois pu employer un mot composé entièrement tiré du grec, ſans trop me rapprocher du nom d'autres inſtrumens connus, & qui ont un uſage & un but tout différent.

La figure première de la planche VI repréſente le calorimètre vu en perſpective. La figure 2 de la même planche repréſente ſa coupe horiſontale; & la figure 3 une coupe verticale qui laiſſe voir tout ſon intérieur. Sa capacité eſt diviſée en trois parties; pour mieux me faire entendre, je les diſtinguerai par les noms de *capacité intérieure*, *capacité moyenne*, & *capacité extérieure*. La capacité intérieure *ffff*, *fig. 3*, *pl. VI*, eſt formée d'un grillage de fil de fer, ſoutenu par quelques montans du même métal; c'eſt dans cette capacité que l'on place les corps ſoumis à l'expérience: ſa partie ſupérieure L M ſe ferme au moyen d'un couvercle G H repréſenté ſéparément, *figure 4*. Il eſt entièrement ouvert par-deſſus, & le deſ-

ſous eſt formé d'un grillage de fil de fer.

La capacité moyenne *b b b b b*, *figures* 2 & 3, eſt deſtinée à contenir la glace qui doit environner la capacité intérieure, & que doit fondre le calorique du corps mis en expérience: cette glace eſt ſupportée & retenue par une grille *m m* ſous laquelle eſt un tamis *n n*; l'un & l'autre ſont repréſentés ſéparément, *figures* 5 & 6. A meſure que la glace eſt fondue par le calorique qui ſe dégage du corps placé dans la capacité intérieure, l'eau coule à travers la grille & le tamis; elle tombe enſuite le long du cône *c c d*, *figure* 3, & du tuyau *x y*, & ſe raſſemble dans le vaſe F, *figure* 1, placé au-deſſous de la machine; *u* eſt un robinet au moyen duquel on peut arrêter à volonté l'écoulement de l'eau intérieure. Enfin la capacité extérieure *a a a a a*, *fig.* 2 & 3 eſt deſtinée à recevoir la glace qui doit arrêter l'effet de la chaleur de l'air extérieur & des corps environnans: l'eau que produit la fonte de cette glace, coule le long du tuyau *s* T que l'on peut ouvrir ou fermer au moyen du robinet *r*. Toute la machine eſt recouverte par le couvercle F F, *fig.* 7, entièrement ouvert dans ſa partie ſupérieure, & fermé dans ſa partie inférieure; elle eſt compoſée de fer-blanc peint à l'huile pour le garantir de la rouille.

Pour mettre le calorimètre en expérience, on remplit de glace pilée la capacité moyenne *b b b b b*, & le couvercle G H de la capacité intérieure, la capacité extérieure *a a a a*, & le couvercle F F, *figure 7*, de toute la machine. On la presse fortement pour qu'il ne reste point de parties vuides, puis on laisse égouter la glace intérieure; après quoi on ouvre la machine pour y placer le corps que l'on veut mettre en expérience, & on la referme sur le champ. On attend que le corps soit entièrement refroidi, & que la glace qui a fondu soit suffisamment égoutée; ensuite on pèse l'eau qui s'est rassemblée dans le vase F, *fig. 1* : son poids est une mesure exacte de la quantité de calorique dégagée du corps, pendant qu'il s'est refroidi; car il est visible que ce corps est dans la même position qu'au centre de la sphère dont nous venons de parler, puisque tout le calorique qui s'en dégage est arrêté par la glace intérieure, & que cette glace est garantie de l'impression de toute autre chaleur, par la glace renfermée dans le couvercle & dans la capacité extérieure.

Les expériences de ce genre durent quinze, dix-huit & vingt heures; quelquefois pour les accélérer, on place de la glace bien égoutée dans la capacité intérieure, & on en couvre les corps que l'on veut refroidir.

La figure 8 repréſente un ſeau de tôle deſtiné à recevoir les corps ſur leſquels on veut opérer; il eſt garni d'un couvercle percé dans ſon milieu, & fermé avec un bouchon de liége, traverſé par le tube d'un petit thermomètre.

La figure 9 de la même planche repréſente un matras de verre dont le bouchon eſt également traverſé par le tube d'un petit thermomètre, dont la boule & une partie du tube plonge dans la liqueur; il faut ſe ſervir de ſemblables matras toutes les fois que l'on opère ſur les acides, & en général ſur les ſubſtances qui peuvent avoir quelque action ſur les métaux.

R S, *figure 10*, eſt un petit cylindre creux que l'on place au fond de la capacité intérieure pour ſoutenir les matras.

Il eſt eſſentiel que dans cette machine, il n'y ait aucune communication entre la capacité moyenne & la capacité extérieure; ce que l'on éprouvera facilement en rempliſſant d'eau la capacité extérieure. S'il exiſtoit une communication entre ces capacités, la glace fondue par l'atmoſphère dont la chaleur agit ſur l'enveloppe de la capacité extérieure, pourroit paſſer dans la capacité moyenne, & alors l'eau qui s'écouleroit de cette dernière capacité, ne feroit plus la meſure du calorique perdu par le corps mis en expérience.

Lorſque la température de l'atmoſphère n'eſt que de quelques degrés au-deſſus de zéro, ſa chaleur ne peut parvenir que très-difficilement juſque dans la capacité moyenne, puiſqu'elle eſt arrêtée par la glace du couvercle & de la capacité extérieure; mais ſi la température extérieure étoit au-deſſous de zéro, l'atmoſphère pourroit refroidir la glace intérieure; il eſt donc eſſentiel d'opérer dans une atmoſphère dont la température ne ſoit pas au-deſſous de zéro: ainſi dans un tems de gelée, il faudra renfermer la machine dans un appartement dont on aura ſoin d'échauffer l'intérieur. Il eſt encore néceſſaire que la glace dont on fait uſage, ne ſoit pas au-deſſous de zéro; ſi elle étoit dans ce cas, il faudroit la piler, l'étendre par couches fort minces, & la tenir ainſi pendant quelque tems dans un lieu dont la température fût au-deſſus de zéro.

La glace intérieure retient toujours une petite quantité d'eau qui adhère à ſa ſurface, & l'on pourroit croire que cette eau doit entrer dans le réſultat des expériences: mais il faut obſerver qu'au commencement de chaque expérience, la glace eſt déja imbibée de toute la quantité d'eau qu'elle peut ainſi retenir; en ſorte que ſi une petite partie de la glace fondue par le corps, reſte adhérente à la glace intérieure,

la même quantité, à très-peu près, d'eau primitivement adhérente à la surface de la glace, doit s'en détacher & couler dans le vafe : car la furface de la glace intérieure change extrêmement peu dans l'expérience.

Quelques précautions que nous ayons prifes, il nous a été impoffible d'empêcher l'air extérieur de pénétrer dans la capacité intérieure, lorfque la température étoit à 9 ou 10 degrés, au-deffus de la congélation. L'air renfermé dans cette capacité étant alors fpécifiquement plus pefant que l'air extérieur, il s'écoule par le tuyau *xy*, *fig. 3*, & il eft remplacé par l'air extérieur qui entre dans le calorimètre, & qui dépofe une partie de fon calorique fur la glace intérieure : il s'établit ainfi dans la machine un courant d'air d'autant plus rapide, que la température extérieure eft plus élevée, ce qui fond continuellement une portion de la glace intérieure; on peut arrêter en grande partie l'effet de ce courant, en fermant le robinet; mais il vaut beaucoup mieux n'opérer que lorfque la température extérieure ne furpaffe pas 3 ou 4 degrés; car nous avons obfervé qu'alors la fonte de la glace intérieure, occafionnée par l'atmofphère, eft infenfible, en forte que nous pouvons à cette température, répondre de l'exactitude de nos expériences fur les chaleurs fpécifiques des corps, à un quarantième près.

Nous avons fait conſtruire deux machines pareilles à celle que je viens de décrire ; l'une d'elles eſt deſtinée aux expériences dans leſquelles il n'eſt pas néceſſaire de renouveller l'air intérieur ; l'autre machine ſert aux expériences dans leſquelles le renouvellement de l'air eſt indiſpenſable, telles que celles de la combuſtion & de la reſpiration : cette ſeconde machine ne diffère de la première, qu'en ce que les deux couvercles ſont percés de deux trous à travers leſquels paſſent deux petits tuyaux qui ſervent de communication entre l'air intérieur & l'air extérieur ; on peut par leur moyen ſouffler de l'air atmoſphérique dans l'intérieur du calorimètre pour y entretenir des combuſtions.

Rien n'eſt plus ſimple avec cet inſtrument que de déterminer les phénomènes qui ont lieu dans les opérations où il y a dégagement, ou même abſorption de calorique. Veut-on, par exemple, connoître ce qui ſe dégage de calorique d'un corps ſolide, lorſqu'il ſe refroidit d'un certain nombre de degrés ? On élève ſa température à 80 degrés, par exemple, puis on le place dans la capacité intérieure *ffff* du calorimètre, *figure 2 & 3*, *planche VI*, & on l'y laiſſe aſſez long-tems pour être aſſuré que ſa température eſt revenue à zéro du thermomètre : on recueille l'eau qui a été produite

par la fonte de la glace, pendant ſon refroidiſſement; cette quantité d'eau diviſée par le produit de la maſſe du corps & du nombre de degrés dont ſa température primitive étoit au-deſſus de zéro, ſera proportionnelle à ce que les phyſiciens anglois ont nommé *chaleur ſpécifique*.

Quant aux fluides on les renferme dans des vaſes de matière quelconque, dont on a préalablement déterminé la chaleur ſpécifique : on opère enſuite de la même manière que pour les ſolides, en obſervant ſeulement de déduire de la quantité totale d'eau qui a coulé, celle due au refroidiſſement du vaſe qui contenoit le fluide.

Veut-on connoître la quantité de calorique qui ſe dégage de la combinaiſon de pluſieurs ſubſtances? on les amenera toutes à la température zéro, en les tenant un tems ſuffiſant dans de la glace pilée; enſuite on en fera le mélange dans l'intérieur du calorimètre, dans un vaſe également à zéro, & on aura ſoin de les y conſerver juſqu'à ce qu'elles ſoient revenues à la température zéro; la quantité d'eau recueillie ſera la meſure du calorique qui ſe ſera dégagé par l'effet de la combinaiſon.

La détermination des quantités de calorique qui ſe dégagent dans les combuſtions & dans

la respiration des animaux, n'offre pas plus de difficulté : on brûle les corps combustibles dans la capacité intérieure du calorimètre ; on y laisse respirer des animaux tels que des cochons d'inde qui résistent assez bien au froid, & on recueille l'eau qui coule : mais comme le renouvellement de l'air est indispensable dans ce genre d'opérations, il est nécessaire de faire arriver continuellement de nouvel air dans l'intérieur du calorimètre par un petit tuyau destiné à cet objet, & de le faire ressortir par un autre tuyau : mais pour que l'introduction de cet air ne cause aucune erreur dans les résultats, on fait passer le tuyau qui doit l'amener à travers de la glace pilée, afin qu'il arrive dans le calorimètre, à la température zéro. Le tuyau de sortie de l'air doit également traverser de la glace pilée, mais cette dernière portion de glace doit être comprise dans l'intérieur de la capacité *ffff* du calorimètre, & l'eau qui en découle doit faire partie de celle que l'on recueille, parce que le calorique que contenoit l'air avant de sortir fait partie du produit de l'expérience.

La recherche de la quantité de calorique spécifique contenue dans les différens gaz, est un peu plus difficile à cause de leur peu de densité ; car si on se contentoit de les renfer-

mer dans des vaſes comme les autres fluides, la quantité de glace fondue ſeroit ſi peu conſidérable que le réſultat de l'expérience ſeroit au moins très-incertain. Nous avons employé pour ce genre d'expériences deux eſpèces de ſerpentins ou tuyaux métalliques roulés en ſpirales. Le premier contenu dans un vaſe rempli d'eau bouillante ſervoit à échauffer l'air avant qu'il parvînt au calorimètre; le ſecond étoit renfermé dans la capacité intérieure *ffff* de cet inſtrument. Un thermomètre adapté à une des extrémités de ce dernier ſerpentin, indiquoit la chaleur de l'air ou du gaz qui entroit dans la machine; un thermomètre adapté à l'autre extrémité du même ſerpentin indiquoit la chaleur du gaz ou de l'air à ſa ſortie. Nous avons été ainſi à portée de déterminer ce qu'une maſſe quelconque de différens airs ou gaz fondoit de glace en ſe refroidiſſant d'un certain nombre de degrés, & d'en déterminer le calorique ſpécifique. Le même procédé, avec quelques précautions particulières peut être employé pour connoître la quantité de calorique qui ſe dégage dans la condenſation des vapeurs de différens liquides.

Les différentes expériences que l'on peut faire avec le calorimètre, ne conduiſent point à des réſultats abſolus; elles ne donnent que

des quantités relatives : il étoit donc question de choisir une unité qui pût former le premier degré d'une échelle avec laquelle on pût exprimer tous les autres résultats. La quantité de calorique nécessaire pour fondre une livre de glace, nous a fourni cette unité : or pour fondre une livre de glace, il faut une livre d'eau élevée à 60 degrés du thermomètre à mercure divisé en 80 parties, de la glace à l'eau bouillante ; la quantité de calorique qu'exprime notre unité, est donc celle nécessaire pour élever l'eau de zéro à 60 degrés.

Cette unité déterminée, il n'est plus question que d'exprimer en valeurs analogues les quantités de calorique qui se dégagent des différens corps, en se refroidissant, d'un certain nombre de degrés, & voici le calcul simple par le moyen duquel on y parvient : je l'applique à une de nos premières expériences.

Nous avons pris des morceaux de tôle coupés par bandes & roulés, qui pesoient ensemble 7 livres 11 onces 2 gros 36 grains, c'est-à-dire en fractions décimales de livres, $7,^{\text{livres}}7070319$. Nous avons échauffé cette masse dans un bain d'eau bouillante, dans laquelle elle a pris environ 78 degrés de chaleur ; & l'ayant tirée de l'eau prestement, nous l'avons introduite dans la capacité intérieure du calo-

rimètre

rimètre. Au bout de onze heures, lorfque l'eau produite par la fonte de la glace intérieure a été fuffifamment égoutée, la quantité s'en eft trouvée de 1 livre 1 once 5 gros 4 grains $= \overset{\text{livre}}{1,109795}$. Maintenant je puis dire fi le calorique dégagé de la tôle par un refroidiffement de 78 degrés, a fondu $\overset{\text{livre}}{1,109795}$ de glace, combien un refroidiffement de 60 degrés auroit-il produit; ce qui donne $78 : 1,109795 :: 60 : x = \overset{\text{livre}}{0,85369}$. Enfin divifant cette quantité par le nombre de livres de tôle employée, c'eft-à-dire par $\overset{\text{livres}}{7,7070319}$, on aura pour la quantité de glace que pourra faire fondre une livre de tôle en fe refroidiffant de 60 degrés à zéro, $\overset{\text{livre}}{0,110770}$. Le même calcul s'applique à tous les corps folides.

A l'égard des fluides, tels que l'acide fulfurique, l'acide nitrique, &c. on les renferme dans un matras repréfenté *planche VI*, *fig. 9*. Il eft bouché avec un bouchon de liège traverfé par un thermomètre dont la boule plonge dans la liqueur. On place ce vaiffeau dans un bain d'eau bouillante; & lorfque d'après le thermomètre on juge que la liqueur eft élevée à un degré de chaleur convenable, on retire le matras & on le place dans le calorimètre. On fait le calcul comme ci-deffus, en ayant

ſoin cependant de déduire de la quantité d'eau obtenue, celle que le vaſe de verre auroit ſeul produite, & qu'il eſt en conſéquence néceſſaire d'avoir déterminé par une expérience préalable. Je ne donne point ici le tableau des réſultats que nous avons obtenus, parce qu'il n'eſt pas encore aſſez complet, & que différentes circonſtances ont ſuſpendu la ſuite de ce travail. Nous ne le perdons cependant pas de vue, & il n'y a point d'hiver que nous ne nous en ſoyons plus ou moins occupés.



CHAPITRE IV.

Des opérations purement mécaniques qui ont pour objet de diviser les corps.

§. PREMIER.

De la Trituration, de la Porphirisation, & de la Pulvérisation.

LA trituration, la porphirisation & la pulvérisation ne sont, à proprement parler, que des opérations mécaniques préliminaires, dont l'objet est de diviser, de séparer les molécules des corps, & de les réduire en particules très-fines. Mais quelque loin qu'on puisse porter ces opérations, elles ne peuvent jamais résoudre un corps en ses molécules primitives & élémentaires : elles ne rompent pas même, à proprement parler, son aggrégation ; en sorte que chaque molécule après la trituration & la porphirisation, forme encore un tout semblable à la masse originaire qu'on avoit eu pour objet de diviser, à la différence des opérations vraiment chimiques, telles, par exemple, que la dissolution qui détruit l'aggrégation du corps, & écarte les

unes des autres les molécules conſtitutives & intégrantes qui le compoſent.

Toutes les fois qu'il eſt queſtion de diviſer des corps fragiles & caſſans, on ſe ſert pour cette opération de mortiers & de pilons, *figures 1, 2, 3, 4 & 5, planche I.* Ces mortiers ſont ou de fonte de cuivre & de fer comme celui repréſenté, *figure 1*; ou de marbre & de granit, comme celui repréſenté, *figure 2*; ou de bois de gayac, comme celui repréſenté, *figure 3*; ou de verre, comme celui repréſenté, *figure 4*; ou d'agathe, comme celui repréſenté, *figure 5*: enfin on en fait auſſi de porcelaine, comme celui repréſenté, *figure 6.* Les pilons dont on ſe ſert pour triturer les corps ſont auſſi de différentes matières. Ils ſont de fer ou de cuivre forgé, comme dans la figure première, de bois, comme dans les figures 2 & 3; enfin de verre, de porcelaine ou d'agathe, ſuivant la nature des objets qu'on veut triturer. Il eſt néceſſaire d'avoir dans un laboratoire, un aſſortiment de ces inſtrumens de différente grandeur. Les mortiers de porcelaine, & ſur-tout ceux de verre, ne peuvent pas être employés à la trituration proprement dite, & ils ſeroient bientôt en pièces ſi on frappoit dedans, ſans précaution, à coups redoublés. C'eſt en tournant le pilon dans le mortier, en froiſſant avec adreſſe

& dextérité les molécules entre le pilon & les parois du mortier qu'on parvient à opérer la division.

La forme des mortiers n'eſt point indifférente; le fond en doit être arrondi, & l'inclinaiſon des parois latérales doit être telle que les matières en poudre retombent d'elles-mêmes quand on relève le pilon : un mortier trop plat ſeroit donc défectueux, la matière ne retomberoit & ne ſe retourneroit pas. Des parois trop inclinées préſenteroient un autre inconvénient, elles rameneroient une trop grande quantité de la matière à pulvériſer ſous le pilon, elle ne ſeroit plus alors froiſſée & ſerrée entre deux corps durs, & la trop grande épaiſſeur interpoſée nuiroit à la pulvériſation.

Par une ſuite du même principe, il ne faut pas mettre dans le mortier une trop grande quantité de matière ; il faut ſur-tout, autant qu'on le peut, ſe débarraſſer de tems en tems des molécules qui ſont déjà pulvériſées, & c'eſt ce qu'on opère par le tamiſage, autre opération dont il va être bientôt queſtion. Sans cette précaution on employeroit une force inutile, & on perdroit du tems à diviſer davantage ce qui l'étoit ſuffiſamment, tandis qu'on n'acheveroit pas de pulvériſer ce qui ne l'eſt pas aſſez. En effet, la portion de matière diviſée nuit à la

trituration de celle qui ne l'eſt pas ; elle s'interpoſe entre le pilon & le mortier, & amortit l'effet du coup.

La porphiriſation a reçu ſa dénomination du nom de la matière ſur laquelle elle s'opère. Le plus communément on a une table plate de porphire ou d'une autre pierre du même degré de dureté A B C D, *planche I, fig. 7*, ſur laquelle on étend la matière qu'on ſe propoſe de diviſer ; on la froiſſe enſuite & on la broye en promenant ſur le porphire une molette M, d'une pierre du même degré de dureté. La partie de la molette qui porte ſur le porphire, ne doit pas être parfaitement plane : ſa ſurface doit être une portion de ſphère d'un très-grand rayon ; autrement quand on promeneroit la molette ſur le porphire, la matière ſe rangeroit tout autour du cercle qu'elle auroit décrit, ſans qu'aucune portion s'engageât entre deux, & il n'y auroit pas de porphiriſation. On eſt par la même raiſon obligé de faire retailler de tems en tems les molettes, qui tendent à devenir planes, à meſure qu'on s'en ſert. L'effet de la molette étant d'écarter continuellement la matière & de la porter vers les extrêmités de la table de porphire, on eſt obligé de la ramener ſouvent & de l'accumuler au centre : on ſe ſert à cet

effet d'un couteau de fer, de corne ou d'ivoire, dont la lame doit être très-mince.

Dans les travaux en grand on préfère, pour opérer le broyement, l'ufage de grandes meules de pierres dures qui tournent l'une fur l'autre, ou bien d'une meule verticale qui roule fur une meule horifontale. Dans tous ces cas, on eft fouvent obligé d'humecter légèrement la matière, dans la crainte qu'elle ne s'élève en pouffière.

Ces trois manières de réduire les corps en poudre, ne conviennent pas à toutes les matières : il en eft qu'on ne peut parvenir à divifer, ni au pilon, ni au porphire, ni à la meule ; telles font les matières très-fibreufes, comme le bois ; telles font celles qui ont une forte de ténacité & d'élafticité, comme la corne des animaux, la gomme élaftique, &c. tels font enfin les métaux ductiles & malléables, qui s'applatiffent fous le pilon au lieu de s'y réduire en poudre.

On fe fert pour les bois de groffes limes connues fous le nom de rapes à bois, *pl. I, fig. 8*. On fe fert pour la corne de limes un peu plus fines ; enfin on emploie pour les métaux des limes encore plus fines, telles font celles repréfentées *figures 9 & 10*.

Il eft quelques fubftances métalliques qui ne

ſont ni aſſez caſſantes pour être miſes en poudre par trituration, ni aſſez dures pour pouvoir être limées commodément. Le zinc eſt dans ce cas ; ſa demi-malléabilité empêche qu'on ne puiſſe le pulvériſer au mortier : ſi on le lime il empâte la lime, il en remplit les interſtices, & bientôt elle n'a preſque plus d'action. Il y a une manière ſimple pour réduire le zinc en poudre, c'eſt de le piler chaud dans un mortier de fonte de fer également chaud ; il s'y triture alors aiſément. On peut encore le rendre caſſant, en le fondant avec un peu de mercure. Les artificiers qui emploient le zinc pour faire des feux bleus, ont recours à l'un de ces deux moyens. Quand on n'a pas pour objet de mettre les métaux dans un très-grand état de diviſion, on peut les réduire en grenailles en les coulant dans de l'eau.

Enfin il y a un dernier moyen de diviſer, qu'on emploie pour les matières à la fois pulpeuſes & fibreuſes, telles que les fruits, les pommes de terre, les racines, &c. On les promène ſur une rape, *planche I, fig. 11*, en donnant un certain degré de preſſion, & on parvient ainſi à les réduire en pulpe. Tout le monde connoît la rape, & il feroit ſuperflu d'en donner une deſcription plus étendue.

On conçoit que le choix des matières avec lesquelles on opère la trituration, n'est point indifférent : on doit bannir le cuivre de tout ce qui a rapport aux alimens, à la pharmacie, &c. Les mortiers de marbre ou ceux de matières métalliques ne peuvent être employés pour triturer les matières acides ; c'est ce qui fait que les mortiers de bois très-dur, tel que le gayac & ceux de verre de porcelaine & de granit, sont d'une grande commodité dans un laboratoire.

§. II.

Du Tamisage & du Lavage.

De quelque moyen mécanique qu'on se serve pour diviser les corps, on ne peut parvenir à donner le même degré de finesse à toutes leurs parties. La poudre qu'on obtient de la plus longue & de la plus exacte trituration, est toujours un assemblage & un mélange de molécules de différentes grosseurs. On parvient à se débarrasser des plus grossières, & à n'avoir qu'une poudre beaucoup plus homogène, en employant des tamis, *figures 12, 13, 14 & 15, planche I*, dont la grandeur de la maille soit proportionnée à la grosseur des molécules qu'on se propose d'obtenir : tout ce qui est supérieur en grosseur aux dimensions de la maille, reste

ſur le tamis, & on le repaſſe au pilon.

On voit deux de ces tamis repréſentés *figures 12 & 13*. L'un, *fig. 12*, eſt de crin ou de ſoie; l'autre, *fig. 13*, eſt de peau dans laquelle on a fait des trous ronds avec un emporte-pièce; ce dernier eſt en uſage dans l'art de fabriquer la poudre à canon & la poudre de chaſſe. Lorſqu'on eſt obligé de tamiſer des matières très-légères, très-précieuſes & qui ſe diſperſent aiſément; ou bien lorſque répandues dans l'air elles peuvent être nuiſibles à ceux qui les reſpirent, on ſe ſert de tamis compoſés de trois pièces, *fig. 14 & 15*; ſavoir d'un tamis proprement dit A B C D, *fig. 15*, d'un couvercle E F, & d'un fond G H: on voit ces trois parties aſſemblées, *fig. 14*.

Il eſt un autre moyen plus exact que le tamiſage, d'obtenir des poudres de groſſeur uniforme, c'eſt le lavage; mais il n'eſt praticable qu'à l'égard des matières qui ne ſont point ſuſceptibles d'être attaquées & altérées par l'eau. On délaye & on agite dans l'eau ou dans quelqu'autre liqueur les matières broyées qu'on veut obtenir en poudres de groſſeur homogène; on laiſſe repoſer un moment la liqueur, puis on la décante encore trouble; les parties les plus groſſières reſtent au fond du vaſe. On décante une ſeconde fois, & on a un ſecond dépôt

moins groſſier que le premier. On décante une troiſième fois pour obtenir un troiſième dépôt, qui eſt au ſecond pour la fineſſe ce que le ſecond eſt au premier. On continue cette manœuvre juſqu'à ce que l'eau ſoit éclaircie ; & la poudre groſſière & inégale qu'on avoit originairement, ſe trouve ſéparée en une ſuite de dépôts qui, chacun en particulier, ſont d'un degré de fineſſe à peu près homogène.

Le même moyen, le lavage, ne s'emploie pas ſeulement pour ſéparer les unes des autres les molécules de matières homogènes, & qui ne different que par leur degré plus ou moins grand de diviſion ; il fournit une reſſource non moins utile pour ſéparer des matières du même degré de fineſſe, mais dont la peſanteur ſpécifique eſt différente : c'eſt principalement dans le travail des mines qu'on fait uſage de ce moyen.

On ſe ſert pour le lavage dans les laboratoires, de vaiſſeaux de différentes formes, de terrines de grès, de bocaux de verre, &c. quelquefois pour décanter la liqueur ſans troubler le dépôt qui s'eſt formé, on emploie le ſiphon. Cet inſtrument conſiſte en un tube de verre ABC, *planche II, fig. 11*, recourbé en B, & dont la branche BC doit être plus longue de quelques pouces que celle AB. Pour

n'être point obligé de le tenir à la main, ce qui pourroit être fatiguant dans quelques expériences, on le passe dans un trou pratiqué au milieu d'une petite planche D E. L'extrémite A du siphon doit être plongée dans la liqueur du bocal F G, à la profondeur jusqu'à laquelle on se propose de vuider le vase.

D'après les principes hydrostatiques sur lesquels est fondé l'effet du siphon, la liqueur ne peut y couler qu'autant qu'on a chassé l'air contenu dans son intérieur: c'est ce qui se pratique au moyen d'un petit tube de verre H I, soudé hermétiquement à la branche B C. Lors donc qu'on veut procurer par le moyen du siphon l'écoulement de la liqueur du vase F G dans celui L M, on commence par boucher avec le bout du doigt l'extrémité C de la branche B C du siphon; puis on suce avec la bouche, jusqu'à ce qu'on ait retiré tout l'air du tube & qu'il ait été remplacé par de la liqueur: alors on ôte le doigt, la liqueur coule & continue à passer du vase F G dans celui L M.

§. III.

De la Filtration.

On vient de voir que le tamisage étoit une opération par laquelle on séparoit les unes des

autres des molécules de différentes grosseurs; que les plus fines passoient à travers le tamis, tandis que les plus grossières restoient dessus.

Le filtre n'est autre chose qu'un tamis très-fin & très-serré, à travers lequel les parties solides, quelque divisées qu'elles soient, ne peuvent passer, mais qui est cependant perméable pour les fluides; le filtre est donc, à proprement parler, l'espèce de tamis qu'on employe pour séparer des molécules solides qui sont très-fines, d'un fluide dont les molécules sont encore plus fines.

On se sert à cet effet, principalement en pharmacie, d'étoffes épaisses & d'un tissu très-serré: celles de laine à poils sont les plus propres à remplir cet objet. On leur donne ordinairement la forme d'un cône, *planche II, fig. 2*: cette espèce de filtre porte le nom de chausse qui est relatif à sa figure. La forme conique a l'avantage de réunir toute la liqueur qui coule, en un seul point A, & on peut alors la recevoir dans un vase d'une ouverture très-petite; ce qui ne pourroit pas avoir lieu, si la liqueur couloit de plusieurs points. Dans les grands laboratoires de pharmacie, on a un chassis de bois représenté *planche II, fig. 1*, dans le milieu duquel on attache la chausse.

La filtration à la chausse ne peut être appli-

cable qu'à quelques opérations de pharmacie ; mais comme dans la plupart des opérations chimiques un même filtre ne peut servir qu'à une même nature d'expériences, comme il faudroit avoir un nombre de chausses considérables & les laver avec un grand soin à chaque opération, on y a substitué une étoffe très-commune, à très-bon marché, qui est à la vérité très-mince ; mais qui, attendu qu'elle est feutrée, compense par le serré de son tissu ce qui pourroit lui manquer en épaisseur : cette étoffe est du papier non collé. Il n'est aucun corps solide, quelque divisé qu'il soit, qui passe à travers les pores des filtres de papier ; les fluides au contraire les traversent avec beaucoup de facilité.

Le seul embarras que présente le papier employé comme filtre, consiste dans la facilité avec laquelle il se perce & se déchire, surtout quand il est mouillé. On remédie à cet inconvénient, en le soutenant par le moyen de diverses espèces de doublures. Si on a des quantités considérables de matières à filtrer, on se sert d'un chassis de bois A B C D, *planc. II*, *fig. 3*, auquel sont adaptées des pointes de fer ou crochets : on pose ce chassis sur deux petits traiteaux, comme on le voit *fig. 4*. On place sur le quarré une toile grossière, qu'on

tend médiocrement & qu'on accroche aux pointes ou crochets de fer. On étend enſuite une ou deux feuilles de papier ſur la toile, & on verſe deſſus le mêlange de matière liquide & de matière ſolide dont on veut opérer la ſéparation. Le fluide coule dans la terrine ou autre vaſe quelconque F, qu'on a mis ſous le filtre. Les toiles qui ont ſervi à cet uſage, ſe lavent, ou bien on les renouvelle, ſi on a lieu de craindre que les molécules dont elles peuvent reſter imprégnées, ne ſoient nuiſibles dans des opérations ſubſéquentes.

Dans toutes les opérations ordinaires, & lorſqu'on n'a qu'une médiocre quantité de liqueur à filtrer, on ſe ſert d'entonnoirs de verre, *planche 11*, *fig. 5*, pour contenir & ſoutenir le papier; on le plie alors de manière à former un cône de même figure que l'entonnoir. Mais alors on tombe dans un autre inconvénient; le papier, lorſqu'il eſt mouillé, s'applique tellement ſur les parois du verre, que la liqueur ne peut couler & qu'il ne s'opère de filtration que par la pointe du cône: alors l'opération devient très-longue; les matières hétérogènes d'ailleurs que contient la liqueur étant communément plus lourdes que l'eau, elles ſe raſſemblent à la pointe du cône de papier, elles l'obſtruent, & la filtration ou s'arrête, ou de-

vient exceſſivement lente. On a imaginé différens procédés pour remédier à ces inconvéniens, qui ſont plus graves qu'on ne le croiroit d'abord, parce qu'ils ſe répètent tous les jours dans le cours des opérations chimiques. Un premier moyen a été de multiplier les plis du papier, comme on le voit *fig. 6*, afin que la liqueur, en ſuivant les ſillons que forment les plis, pût arriver à la pointe du cône : d'autres ont joint à ce premier moyen l'uſage de fragmens de paille, qu'on place & qu'on arrange dans l'entonnoir avant d'y placer le papier. Enfin, le dernier moyen employé & qui me paroît réunir le plus d'avantages, conſiſte à prendre de petites bandes de verre, telles qu'on en trouve chez tous les vitriers, & qui ſont connues ſous le nom de rognures de verre. On les courbe par le bout à la lampe, de manière à former un crochet qui s'ajuſte dans le bord ſupérieur de l'entonnoir ; on en diſpoſe ſix à huit de cette manière, avant de placer le papier. Ces bandes de verre le maintiennent à une diſtance ſuffiſante des parois de l'entonnoir, pour que la filtration s'opère. La liqueur coule le long des bandes de verre, & ſe raſſemble à la pointe du cône.

On voit quelques-unes de ces bandes repréſentées *fig. 8* : on voit auſſi *fig. 7* un entonnoir

dé

de verre garni de bandes de verre & d'un papier à filtrer.

Lorsqu'on a un grand nombre de filtrations à faire marcher à la fois, il est très-commode d'avoir une planche AB, *planche II, fig. 9*, soutenue par des montans de bois AC, BD, & percée de trous pour y placer les entonnoirs.

Il y a des matières très-épaisses & très-visqueuses qui ne peuvent passer à travers le papier, & qui ne peuvent être filtrées qu'après avoir subi quelques préparations. La plus ordinaire consiste à battre un blanc d'œuf, à le diviser dans ces liqueurs, & à les faire chauffer jusqu'à l'ébullition. Le blanc d'œuf se coagule, il se réduit en écume, qui vient monter à la surface & qui entraîne avec elle la plus grande partie des matières visqueuses qui s'opposoient à la filtration. On est obligé de prendre ce parti pour obtenir du petit-lait clair, autrement il seroit très-difficile de le faire passer par le filtre. On remplit le même objet à l'égard des liqueurs spiritueuses, avec un peu de colle de poisson délayée dans de l'eau : cette colle se coagule par l'action de l'alkool, sans qu'on soit obligé de faire chauffer.

On conçoit qu'une des conditions indispensables de la filtration est que le filtre ne puisse pas être attaqué & corrodé par la liqueur qui

doit y paſſer ; auſſi ne peut-on pas filtrer les acides concentrés à travers le papier. Il eſt vrai qu'on eſt rarement obligé d'avoir recours à ce moyen, parce que la plupart des acides s'obtiennent par voie de diſtillation, & que les produits de la diſtillation ſont preſque toujours clairs. Si cependant dans quelques cas très-rares, on eſt forcé de filtrer des acides concentrés, on ſe ſert alors de verre pilé, ou, ce qui eſt mieux encore, de morceaux de quartz ou de criſtal de roche groſſièrement concaſſés & en partie réduits en poudre. On place quelques-uns des plus gros morceaux dans le fond de l'entonnoir, pour le boucher en partie ; on met pardeſſus des morceaux moins gros, qui ſont maintenus par les premiers ; enfin les portions les plus diviſées doivent occuper le deſſus : on remplit enſuite l'entonnoir avec de l'acide.

Dans les uſages de la ſociété, on filtre l'eau des rivières pour l'obtenir limpide & ſéparée des ſubſtances hétérogènes qui la ſaliſſent : on ſe ſert à cet effet de ſable de rivière. Le ſable réunit pluſieurs avantages qui le rendent propre à cet uſage : premièrement, il eſt en fragmens arrondis, ou au moins dont les angles ſont uſés ; & les intervalles que préſentent des molécules de cette figure, favoriſent le paſſage de l'eau. Secondement, ces molécules ſont de différentes

groſſeurs, & les plus fines ſe rangent naturellement entre les plus groſſes ; elles empêchent donc qu'il ne ſe rencontre des vuides trop grands qui laiſſeroient paſſer des matières hétérogènes. Troiſièmement enfin, le ſable ayant été roulé & lavé par l'eau des rivières pendant une longue révolution de tems, on eſt sûr qu'il eſt dépouillé de toute ſubſtance ſoluble dans l'eau, & que par conſéquent il ne peut abſolument rien communiquer à l'eau qui filtre au travers.

Dans tous les cas, comme dans celui-ci, où le même filtre doit ſervir long-tems, il s'engorgeroit & la liqueur ceſſeroit d'y paſſer ſi on ne le nétoyoit pas. Cette opération eſt ſimple à l'égard des filtres de ſable, il ne s'agit que de le laver dans pluſieurs eaux ſucceſſives & juſqu'à ce qu'elle ſorte claire.

§. IV.

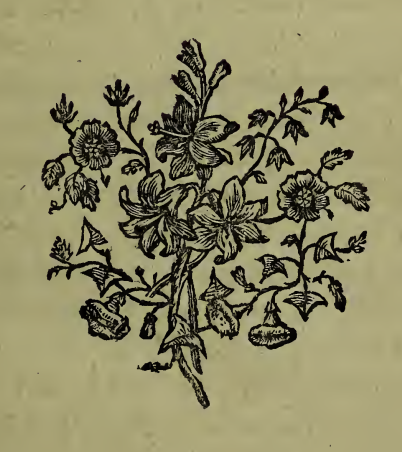
De la Décantation.

La décantation eſt une opération qui peut ſuppléer à la filtration & qui, comme elle, a pour objet de ſéparer d'avec un liquide les molécules concrètes qu'il contient. On laiſſe à cet effet repoſer la liqueur dans des vaſes ordinairement coniques & qui ont la forme de verres à boire, comme celui repréſenté ABCDE,

planche II, *fig.* 10. On fait dans les verreries des vafes de cette figure, qui font de différentes grandeurs; lorfqu'ils excèdent deux ou trois pintes de capacité, on fupprime le pied C D E, & on y fupplée par un pied de bois dans lequel on les maftique. La matière étrangère fe dépofe au fond de ces vafes par un repos plus ou moins long, & on obtient la liqueur claire en la verfant doucement par inclinaifon. On voit que cette opération fuppofe que le corps fufpendu dans le liquide eft fpécifiquement plus lourd que lui, & fufceptible de fe raffembler au fond: mais quelquefois la pefanteur fpécifique du dépôt approche tellement de celle de la liqueur, & l'on eft fi près de l'équilibre, que le moindre mouvement fuffit pour le remêler; alors au lieu de tranfvafer la liqueur & de la féparer par décantation, on fe fert du fiphon repréfenté *fig.* 11, & dont j'ai déjà donné la defcription.

Dans toutes les expériences où l'on veut déterminer avec une précifion rigoureufe le poids de la matière précipitée, la décantation eft préférable à la filtration, pourvu qu'on ait foin de laver à grande eau & à plufieurs reprifes le précipité. On peut bien, il eft vrai, déterminer le poids du précipité qu'on a féparé par filtration, en pefant le filtre avant & après l'opéra-

tion; l'augmentation de poids que le filtre a acquiſe, donne le poids du précipité qui y eſt reſté attaché : mais quand les quantités ſont peu conſidérables, la deſſication plus ou moins grande du filtre, les différentes proportions d'humidité qu'il peut retenir, ſont une ſource d'erreurs qu'il eſt important d'éviter.



CHAPITRE V.

Des moyens que la Chimie emploie pour écarter les unes des autres les molécules des corps ſans les décompoſer, & réciproquement pour les réunir.

J'AI déjà fait obſerver qu'il exiſtoit deux manières de diviſer les corps : la première qu'on nomme diviſion méchanique, conſiſte à ſéparer une maſſe ſolide en un grand nombre d'autres maſſes beaucoup plus petites. On emploie pour remplir cet objet la force des hommes, celle des animaux, la peſanteur de l'eau appliquée aux machines hydrauliques, la force expanſive de l'eau réduite en vapeurs, comme dans les machines à feu, l'impulſion du vent, &c. Mais toutes ces forces employées à diviſer les corps, ſont beaucoup plus bornées qu'on ne le croit communément. Avec un pilon d'un certain poids, qui tombe d'une certaine hauteur, on ne peut jamais réduire en poudre une matière donnée au-delà d'un certain degré de fineſſe, & la même molécule qui paroît ſi fine relativement à nos organes eſt encore une montagne, ſi on peut ſe ſervir de cette expreſſion, lorſqu'on la compare avec les molécules conſtitu-

tives & élémentaires du corps que l'on divife. C'eſt en cela que different les agens méchaniques des agens chimiques; ces derniers divifent un corps dans ſes molécules primitives. Si, par exemple, c'eſt un ſel neutre, ils portent la diviſion de ſes parties auſſi loin qu'elle le peut être ſans que la molécule ceſſe d'être une molécule de ſel. Je vais donner dans ce chapitre des exemples de cette eſpèce de diviſion. J'y joindrai quelques détails ſur des opérations qui y ſont relatives.

§. I.

De la Solution des Sels.

On a long-tems confondu en chimie la ſolution & la diſſolution, & l'on déſignoit par le même nom la diviſion des parties d'un ſel dans un fluide tel que l'eau, & la diviſion d'un métal dans un acide. Quelques réflexions ſur les effets de ces deux opérations feront ſentir qu'il n'eſt pas poſſible de les confondre.

Dans la ſolution des ſels, les molécules ſalines ſont ſimplement écartées les unes des autres, mais ni le ſel, ni l'eau n'éprouvent aucune décompoſition, & on peut les retrouver l'un & l'autre en même quantité qu'avant l'opération. On peut dire la même choſe de la diſſolution des réſines dans l'alkool & dans les diſſolvans

ſpiritueux. Dans la diſſolution des métaux, au contraire, il y a toujours ou décompoſition de l'acide, ou décompoſition de l'eau : le métal s'oxygène, il paſſe à l'état d'oxide ; une ſubſtance gazeuſe ſe dégage ; en ſorte, qu'à proprement parler, aucune des ſubſtances après la diſſolution n'eſt dans le même état où elle étoit auparavant. C'eſt uniquement de la ſolution dont il ſera queſtion dans cet article.

Pour bien ſaiſir ce qui ſe paſſe dans la ſolution des ſels, il faut ſavoir qu'il ſe complique deux effets dans la plupart de ces opérations : ſolution par l'eau, & ſolution par le calorique ; & comme cette diſtinction donne l'explication de la plupart des phénomènes relatifs à la ſolution, je vais inſiſter pour la bien faire entendre.

Le nitrate de potaſſe, vulgairement appelé ſalpêtre, contient très-peu d'eau de criſtalliſation ; une foule d'expériences le prouvent ; peut-être même n'en contient-il pas : cependant il ſe liquéfie à un degré de chaleur qui ſurpaſſe à peine celui de l'eau bouillante. Ce n'eſt donc point à l'aide de ſon eau de criſtalliſation qu'il ſe liquéfie, mais parce qu'il eſt très-fuſible de ſa nature, & qu'il paſſe de l'état ſolide à l'état liquide, un peu au-deſſus de la chaleur de l'eau bouillante. Tous les ſels ſont de même ſuſceptibles d'être liquéfiés par le calorique ; mais à

une température plus ou moins haute. Les uns, comme les acétites de potaſſe & de ſoude, ſe fondent & ſe liquéfient à une chaleur très-médiocre ; les autres, au contraire, comme le ſulfate de chaux, le ſulfate de potaſſe, &c. exigent une des plus fortes chaleurs que nous puiſſions produire. Cette liquéfaction des ſels par le calorique préſente exactement les mêmes phénomènes que la liquéfaction de la glace. Premièrement elle s'opère de même à un degré de chaleur déterminé pour chaque ſel, & ce degré eſt conſtant pendant tout le tems que dure la liquéfaction du ſel. Secondement, il y a emploi de calorique au moment où le ſel ſe fond, dégagement lorſqu'il ſe fige ; tous phénomènes généraux, & qui ont lieu lors du paſſage d'un corps quelconque de l'état concret à l'état fluide & réciproquement.

Ces phénomènes de la ſolution par le calorique ſe compliquent toujours plus ou moins avec ceux de la ſolution par l'eau. On en ſera convaincu ſi l'on conſidère qu'on ne peut verſer de l'eau ſur un ſel pour le diſſoudre, ſans employer réellement un diſſolvant mixte, l'eau & le calorique : or on peut diſtinguer pluſieurs cas différens, ſuivant la nature & la manière d'être de chaque ſel. Si par exemple un ſel eſt très-peu ſoluble par l'eau, & qu'il le ſoit beau-

coup par le calorique, il eſt clair que ce ſel ſera très-peu ſoluble à l'eau froide, & qu'il le ſera beaucoup, au contraire, à l'eau chaude; tel eſt le nitrate de potaſſe, & ſur-tout le muriate oxigéné de potaſſe. Si un autre ſel au contraire eſt à la fois peu ſoluble dans l'eau, & peu ſoluble dans le calorique, il ſera peu ſoluble dans l'eau froide comme dans l'eau chaude, & la différence ne ſera pas très-conſidérable; c'eſt ce qui arrive au ſulfate de chaux.

On voit donc qu'il y a une relation néceſſaire entre ces trois choſes; ſolubilité d'un ſel dans l'eau froide, ſolubilité du même ſel dans l'eau bouillante, degré auquel ce même ſel ſe liquéfie par le calorique ſeul & ſans le ſecours de l'eau; que la ſolubilité d'un ſel à chaud & à froid eſt d'autant plus grande qu'il eſt plus ſoluble par le calorique, ou, ce qui revient au même, qu'il eſt ſuſceptible de ſe liquéfier à un degré plus inférieur de l'échelle du thermomètre.

Telle eſt en général la théorie de la ſolution des ſels. Mais je n'ai pu me former encore que des apperçus généraux, parce que les faits particuliers manquent, & qu'il n'exiſte point aſſez d'expériences exactes. La marche à ſuivre pour completter cette partie de la chimie eſt ſimple; elle conſiſte à rechercher pour chaque ſel ce

qui s'en diſſout dans une quantité donnée d'eau à différens degrés du thermomètre : or comme on ſait aujourd'hui avec beaucoup de préciſion, d'après les expériences que nous avons publiées M. de la Place & moi, ce qu'une livre d'eau contient de calorique à chaque degré du thermomètre, il ſera toujours facile de déterminer par des expériences ſimples la proportion de calorique & d'eau qu'exige chaque ſel pour être tenu en diſſolution, ce qui s'en abſorbe au moment où le ſel ſe liquéfie, ce qui s'en dégage au moment où il criſtalliſe.

On ne doit plus être étonné d'après cela de voir que les ſels même qui ſont diſſolubles à froid ſe diſſolvent beaucoup plus rapidement dans l'eau chaude que dans l'eau froide. Il y a toujours emploi de calorique dans la diſſolution des ſels ; & quand il faut que le calorique ſoit fourni de proche en proche par les corps environnans, il en réſulte un déplacement qui ne s'opère que lentement. L'opération au contraire ſe trouve tout d'un coup facilitée & accélérée quand le calorique néceſſaire à la ſolution ſe trouve déja tout combiné avec l'eau.

Les ſels, en général, en ſe diſſolvant dans l'eau, en augmentent la peſanteur ſpécifique, mais cette règle n'eſt pas abſolument ſans exception.

Un jour à venir on connoîtra la quantité de radical, d'oxigène & de baſe qui conſtituent chaque ſel neutre; on connoîtra la quantité d'eau & de calorique néceſſaire pour le diſſoudre, l'augmentation de peſanteur ſpécifique qu'il communique à l'eau, la figure des molécules élémentaires de ſes criſtaux; on expliquera les circonſtances & les accidens de ſa criſtalliſation, & c'eſt alors ſeulement que cette partie de la chimie ſera complette. M. Séguin a formé le proſpectus d'un grand travail en ce genre, qu'il eſt bien capable d'exécuter.

La ſolution des ſels dans l'eau n'exige aucun appareil particulier. On ſe ſert avec avantage dans les opérations en petit de phioles à médecine de différentes grandeurs, *planche II, figures 16 & 17*; de terrines de grès, *même planche* A, *fig. 1 & 2*; de matras à col allongé, *figure 14*; de caſſeroles ou baſſines de cuivre & d'argent, *figures 13 & 15*.

§. II.

De la Lexiviation.

La lexiviation eſt une opération des arts & de la chimie, dont l'objet eſt de ſéparer des ſubſtances ſolubles dans l'eau d'avec d'autres ſubſtances qui ſont inſolubles. On a coutume de ſe ſervir pour cette opération dans les arts

& dans les uſages de la vie d'un grand cuvier ABCD, *planche II*, *figure 12*, percé en D près de ſon fond d'un trou rond dans lequel on introduit une champlure de bois DE ou un robinet de métal. On met d'abord au fond du cuvier une petite couche de paille, & enſuite par-deſſus la matière qu'on ſe propoſe de leſſiver; on la recouvre d'une toile, & on verſe de l'eau froide ou chaude, ſuivant que la ſubſtance eſt d'une ſolubilité plus ou moins grande. L'eau s'imbibe dans la matière, & pour qu'elle la pénètre mieux, on tient pendant quelque tems fermé le robinet DE. Lorſqu'on juge qu'elle a eu le tems de diſſoudre toutes les parties ſalines, on la laiſſe couler par le robinet DE; mais comme il reſte toujours à la matière inſoluble une portion d'eau adhérente qui ne coule pas, comme cette eau eſt néceſſairement auſſi chargée de ſel que celle qui a coulé, on perdroit une quantité conſidérable de parties ſalines, ſi on ne repaſſoit à pluſieurs repriſes de nouvelle eau à la ſuite de la première. Cette eau ſert à étendre celle qui eſt reſtée; la ſubſtance ſaline ſe partage & ſe fractionne, & au troiſième ou quatrième relavage, l'eau paſſe preſque pure; on s'en aſſure par le moyen du pèſe-liqueur dont il a été parlé, page 338.

Le petit lit de paille qu'on met au fond du vafe fert à procurer des interftices pour l'écoulement de l'eau ; on peut l'affimiler aux pailles ou aux tiges de verre dont on fe fert pour filtrer dans l'entonnoir, & qui empêchent l'application trop immédiate du papier contre le verre. A l'égard du linge qu'on met pardeffus la matière qu'on fe propofe de leffiver, il n'eft pas non plus inutile ; il a pour objet d'empêcher que l'eau ne faffe un creux dans la matière à l'endroit où on la verfe, & qu'elle ne s'ouvre des iffues particulières qui empêcheroient que toute la maffe ne fût leffivée.

On imite plus ou moins cette opération des arts dans les expériences chimiques ; mais attendu qu'on fe propofe plus d'exactitude, & que lorfqu'il eft queftion, par exemple, d'une analyfe, il faut être sûr de ne laiffer dans le réfidu aucune partie faline ou foluble, on eft obligé de prendre quelques précautions particulières. La première eft d'employer plus d'eau que dans les leffives ordinaires, & d'y délayer les matières avant de tirer la liqueur à clair ; autrement toute la maffe ne feroit pas également leffivée, & il pourroit même arriver que quelques portions ne le fuffent aucunement. Il faut auffi avoir foin de repaffer de très-grandes quantités d'eau, & on ne doit en général regar-

der l'opération comme terminée, que quand l'eau paſſe abſolument dépouillée de ſel, & que l'aréomètre indique, qu'elle n'augmente plus de peſanteur ſpécifique en traverſant la matière contenue dans le cuvier.

Dans les expériences très en petit, on ſe contente communément de mettre dans des bocaux ou des matras de verre la matière qu'on ſe propoſe de leſſiver; on verſe deſſus de l'eau bouillante, & on filtre au papier dans un entonnoir de verre. Voy. *planche II*, *figure 7*. On relave enſuite avec de l'eau bouillante. Quand on opère ſur des quantités un peu plus grandes, on délaie les matières dans un chaudron d'eau bouillante, & on filtre avec le quarré de bois repréſenté, *planche II*, *figures 3 & 4* qu'on garnit de toile & d'un papier à filtrer. Enfin dans les opérations très en grand, on emploie le baquet ou cuvier que j'ai décrit au commencement de cet article, & qui eſt repréſenté, *figure 12*.

§. III.

De l'Evaporation.

L'évaporation a pour objet de ſéparer l'une de l'autre deux matières, dont l'une au moins eſt liquide, & qui ont un degré de volatilité très-différent.

C'eſt ce qui arrive lorſqu'on veut obtenir dans l'état concret un ſel qui a été diſſous dans l'eau : on échauffe l'eau & on la combine avec le calorique qui la volatiliſe ; les molécules de ſel ſe rapprochent en même tems, & obéiſſant aux loix de l'attraction, elles ſe réuniſſent pour reparoître ſous leur forme ſolide.

On a penſé que l'action de l'air influoit beaucoup ſur la quantité de fluide qui s'évapore, & on eſt tombé à cet égard dans des erreurs qu'il eſt bon de faire connoître. Il eſt ſans doute une évaporation lente qui ſe fait continuellement d'elle-même à l'air libre, & à la ſurface des fluides expoſés à la ſimple action de l'atmoſphère. Quoique cette première eſpèce d'évaporation puiſſe être juſqu'à un certain point conſidérée comme une diſſolution par l'air, il n'en eſt pas moins vrai que le calorique y concourt, puiſqu'elle eſt toujours accompagnée de refroidiſſement : on doit donc la regarder comme une diſſolution mixte, faite en partie par l'air, & en partie par le calorique. Mais il eſt un autre genre d'évaporation, c'eſt celle qui a lieu à l'égard d'un fluide entretenu toujours bouillant ; l'évaporation qui ſe fait alors par l'action de l'air n'eſt plus que d'un objet très-médiocre en comparaiſon de celle qui eſt occaſionnée par l'action du calorique : ce n'eſt plus, à proprement parler,

ler, l'évaporation qui a lieu, mais la vaporisation; or cette derniere opération ne s'accélère pas en raison des surfaces évaporantes, mais en raison des quantités de calorique qui se combinent avec le liquide. Un trop grand courant d'air froid nuit quelquefois dans ces occasions à la rapidité de l'évaporation, par la raison qu'il enlève du calorique à l'eau, & qu'il ralentit par conséquent sa conversion en vapeurs. Il n'y a donc nul inconvénient à couvrir jusqu'à un certain point le vase où l'on fait évaporer un liquide entretenu toujours bouillant, pourvû que le corps qui couvre soit de nature à dérober peu de calorique, qu'il soit, pour me servir d'une expression du docteur Francklin, mauvais conducteur de chaleur; les vapeurs s'échappent alors par l'ouverture qui leur est laissée, & il s'en évapore au moins autant & souvent plus que quand on laisse un accès libre à l'air extérieur.

Comme dans l'évaporation, le liquide que le calorique enlève est absolument perdu, comme on le sacrifie pour conserver la substance fixe avec laquelle il étoit combiné, on n'évapore jamais que des matières peu précieuses, telles par exemple que l'eau. Lorsqu'elles ont plus de valeur, on a recours à la distillation: autre opération dans laquelle on conserve à la

fois & le corps fixe & le corps volatil.

Les vaiſſeaux dont on ſe ſert pour les évaporations, ſont des baſſines de cuivre ou d'argent, quelquefois de plomb, telles que celle repréſentée *planche II*, *fig.* 13, des caſſeroles également de cuivre ou d'argent, *fig.* 15.

Des capſules de verre, *pl. III*, *fig.* 3 & 4.

Des jattes de porcelaine.

Des terrines de grès A, *planche II*, *fig.* 1 & 2.

Mais les meilleures de toutes les capſules à évaporer, ſont des fonds de cornue & des portions de matras de verre. Leur *minceur* qui eſt égale par-tout, les rend plus propres que tout autre vaiſſeau à ſe prêter, ſans ſe caſſer, à une chaleur bruſque & à des alternatives ſubites de chaud & de froid. On peut les faire ſoi-même dans les laboratoires, & elles reviennent beaucoup moins cher que les capſules qu'on achète chez les fayanciers. Cet art de couper le verre ne ſe trouve décrit nulle part, & je vais en donner une idée.

On ſe ſert d'anneaux de fer A C, *pl. III*, *fig.* 5, que l'on ſoude à une tige de fer A B, garnie d'un manche de bois D. On fait rougir l'anneau de fer dans un fourneau, puis on poſe deſſus le matras G, *fig.* 6, qu'on ſe propoſe de couper: lorſqu'on juge que le verre a été ſuffi-

famment échauffé par l'anneau de fer rouge, on jette quelques gouttes d'eau dessus, & le matras se casse ordinairement juste dans la ligne circulaire qui étoit en contact avec l'anneau de fer.

D'autres vaisseaux évaporatoires, d'un excellent usage, sont de petites fioles de verre, qu'on désigne dans le commerce sous le nom de fioles à médecine. Ces bouteilles qui sont de verre mince & commun, supportent le feu avec une merveilleuse facilité, & sont à très-bon marché. Il ne faut pas craindre que leur figure nuise à l'évaporation de la liqueur. J'ai déjà fait voir que toutes les fois qu'on évaporoit le liquide au degré de l'ébullition, la figure du vaisseau contribuoit ou nuisoit peu à la célérité de l'opération, sur-tout quand les parois supérieures du vaisseau étoient mauvais conducteurs de chaleur, comme le verre. On place une ou plusieurs de ces fioles sur une seconde grille de fer FG, *planche III*, *fig.* 2, qu'on pose sur la partie supérieure d'un fourneau, & sous laquelle on entretient un feu doux. On peut suivre de cette manière un grand nombre d'expériences à la fois.

Un autre appareil évaporatoire assez commode & assez expéditif consiste dans une cornue de verre qu'on met au bain de sable, comme

on le voit *planche III*, *fig. 1*, & qu'on recouvre avec un dôme de terre cuite : mais l'opération eſt toujours beaucoup plus lente, quand on ſe ſert du bain de ſable; elle n'eſt pas d'ailleurs exempte de dangers, parce que le ſable s'échauffant inégalement, tandis que le verre ne peut pas ſe prêter à des degrés de dilatation locale, le vaiſſeau eſt ſouvent expoſé à caſſer. Il arrive même quelquefois que le ſable chaud fait exactement l'office des anneaux de fer repréſentés *planche III*, *fig 5 & 6*, ſur-tout lorſque le vaſe contient un fluide qui diſtille. Une goutte de fluide qui s'éclabouſſe & qui vient tomber ſur les parois du vaiſſeau à l'endroit du contact de l'anneau de ſable, le fait caſſer circulairement en deux parties terminées par une ligne bien tranchée.

Dans les cas où l'évaporation exige une grande intenſité de feu, on ſe ſert de creuſets de terre; mais en général on entend le plus communément par le mot *évaporation* une opération qui ſe fait au degré de l'eau bouillante, ou très-peu au-deſſus.

§. IV.

De la Criſtalliſation.

La criſtalliſation eſt une opération dans laquelle les parties intégrantes d'un corps ſépa-

rées les unes des autres par l'interpoſition d'un fluide, ſont déterminées par la force d'attraction qu'elles exercent les unes ſur les autres, à ſe rejoindre pour former des maſſes ſolides.

Lorſque les molécules d'un corps ſont ſimplement écartées par le calorique, & qu'en vertu de cet écartement ce corps eſt porté à l'état de liquide, il ne faut, pour le ramener à l'état de ſolide, c'eſt-à-dire pour opérer ſa criſtalliſation, que ſupprimer une partie du calorique logé entre ſes molécules, autrement dit le refroidir. Si le refroidiſſement eſt lent & ſi en même tems il y a repos, les molécules prennent un arrangement régulier, & alors il y a criſtalliſation proprement dite : ſi au contraire le refroidiſſement eſt rapide, ou ſi en ſuppoſant un refroidiſſement lent on agite le liquide au moment où il va paſſer à l'état concret, il y a criſtalliſation confuſe.

Les mêmes phénomènes ont lieu dans les ſolutions par l'eau ; ou pour mieux dire, les ſolutions par l'eau ſont toujours mixtes, comme je l'ai déjà fait voir dans le paragraphe premier de ce chapitre : elles s'opèrent en partie par l'action de l'eau, en partie par celle du calorique. Tant qu'il y a ſuffiſamment d'eau & de calorique pour écarter les molécules du ſel, au point qu'elles ſoient hors de leur ſphère

d'attraction, le sel demeure dans l'état fluide. L'eau & le calorique viennent-ils à manquer, & l'attraction des molécules salines les unes par rapport aux autres devient-elle victorieuse, le sel reprend la forme concrète, & la figure des cristaux est d'autant plus régulière, que l'évaporation a été plus lente & faite dans un lieu plus tranquille.

Tous les phénomènes qui ont lieu dans la solution des sels se retrouvent également dans leur cristallisation, mais dans un sens inverse. Il y a dégagement de calorique au moment où le sel se réunit & reparoît sous sa forme concrète & solide, & il en résulte une nouvelle preuve que les sels sont tenus à la fois en dissolution par l'eau & par le calorique. C'est par cette raison qu'il ne suffit pas pour faire cristalliser les sels qui se liquéfient aisément par le calorique, de leur enlever l'eau qui les tenoit en dissolution; il faut encore leur enlever le calorique, & le sel ne cristallise qu'autant que ces deux conditions sont remplies. Le salpêtre, le muriate oxygéné de potasse, l'alun, le sulfate de soude, &c. en fournissent des exemples. Il n'en est pas de même des sels qui exigent peu de calorique pour être tenus en dissolution, & qui par cela même sont à peu près également solubles dans l'eau chaude & dans l'eau froide; il

ſuffit de leur enlever l'eau qui les tenoit en diſſolution pour les faire criſtalliſer, & ils reparoiſſent ſous forme concrète dans l'eau bouillante même, comme on l'obſerve relativement au ſulfate de chaux, aux muriates de ſoude & de potaſſe, & à beaucoup d'autres.

C'eſt ſur ces propriétés des ſels & ſur leur différence de ſolubilité à chaud & à froid, qu'eſt fondé le raffinage du ſalpêtre. Ce ſel, tel qu'il eſt retiré par une première opération, & tel qu'il eſt livré par les ſalpêtriers, eſt composé de ſels déliqueſcens qui ne ſont pas ſuſceptibles de criſtalliſer, tels que le nitrate & le muriate de chaux; de ſels qui ſont preſqu'également ſolubles à chaud & à froid, tels que les muriates de potaſſe & de ſoude; enfin de ſalpêtre, qui eſt beaucoup plus ſoluble à chaud qu'à froid.

On commence par verſer ſur tous ces ſels confondus enſemble une quantité d'eau ſuffiſante pour tenir en diſſolution les moins ſolubles de tous, & ce ſont les muriates de ſoude & de potaſſe. Cette quantité d'eau tient facilement en diſſolution tout le ſalpêtre, tant qu'elle eſt chaude; mais il n'en eſt plus de même lorſqu'elle ſe refroidit: la majeure partie du ſalpêtre criſtalliſe, il n'en reſte qu'environ un ſixième tenu en diſſolution, & qui ſe trouve

confondu avec le nitrate calcaire & avec les muriates.

Le salpêtre qu'on obtient ainsi est un peu imprégné de sels étrangers, parce qu'il a cristallisé dans une eau qui elle-même en étoit chargée ; mais on l'en dépouille complètement par une nouvelle dissolution à chaud avec très-peu d'eau & par une nouvelle cristallisation.

A l'égard des eaux surnageantes à la cristallisation du salpêtre, & qui contiennent un mêlange de salpêtre & de différens sels, on les fait évaporer pour en tirer du salpêtre brut, qu'on purifie ensuite également par deux nouvelles dissolutions & cristallisations.

Les sels à base terreuse qui sont incristallisables, sont rejettés s'ils ne contiennent point de nitrates ; si au contraire ils en contiennent, on les étend avec de l'eau, on précipite la terre par le moyen de la potasse, on laisse déposer, on décante, on fait évaporer & on met à cristalliser.

Ce qui s'observe dans le raffinage du salpêtre, peut servir de règle toutes les fois qu'il est question de séparer par voie de cristallisation plusieurs sels mêlés ensemble. Il faut alors étudier la nature de chacun, la proportion qui s'en dissout dans des quantités données d'eau, leur différence de solubilité à chaud & à froid. Si à

ces propriétés principales on joint celle qu'ont quelques ſels de ſe diſſoudre dans l'alkool ou dans un mêlange d'alkool & d'eau, on verra qu'on a des reſſources très multipliées pour opérer la ſéparation des ſels par voie de criſtalliſation. Mais il faut convenir en même tems qu'il eſt difficile de rendre cette ſéparation complète & abſolue.

Les vaiſſeaux qu'on emploie pour la criſtalliſation des ſels, ſont des terrines de grès A, *planc. II*, *figures 1 & 2*, & de grandes capſules applaties, *planche III*, *fig. 7*.

Lorſqu'on abandonne une ſolution ſaline à une évaporation lente, à l'air libre & à la chaleur de l'atmoſphère, on doit employer des vaſes un peu élevés, tels que celui repréſenté *pl. III*, *fig. 3*, afin qu'il y ait une épaiſſeur un peu conſidérable de liqueur; on obtient par ce moyen des criſtaux beaucoup plus gros & auſſi réguliers qu'on puiſſe l'eſpérer.

Non-ſeulement tous les ſels criſtalliſent ſous différentes formes, mais encore la criſtalliſation de chaque ſel varie ſuivant les circonſtances de la criſtalliſation. Il ne faut pas en conclure que la figure des molécules ſalines ait rien d'indéterminé dans chaque eſpèce : rien n'eſt plus conſtant au contraire que la figure des molécules primitives des corps, ſur-tout à l'égard

des sels. Mais les cristaux qui se forment sous nos yeux, sont des aggrégations de molécules, & ces molécules, quoique toutes parfaitement égales en figure & en grosseur, peuvent prendre des arrangemens différens, qui donnent lieu à une grande variété de figures toutes régulières, & qui paroissent quelquefois n'avoir aucun rapport, ni entr'elles, ni avec la figure du cristal originaire. Cet objet a été savamment traité par M. l'Abbé Haüy, dans plusieurs Mémoires présentés à l'Académie, & dans un Ouvrage sur la structure des cristaux. Il ne reste plus même qu'à étendre à la classe des sels ce qu'il a fait plus particulièrement pour quelques pierres cristallisées.

§. V.

De la Distillation simple.

La distillation a deux objets bien déterminés : je distinguerai en conséquence deux espèces de distillation, la distillation simple & la distillation composée. C'est uniquement de la première dont je m'occuperai dans cet article.

Lorsqu'on soumet à la distillation deux corps dont l'un est plus volatil, c'est-à-dire, a plus d'affinité que l'autre avec le calorique, le but qu'on se propose est de les séparer : le plus

volatil prend la forme de gaz, & on le condense ensuite par refroidissement dans des appareils propres à remplir cet objet. La distillation n'est alors, comme l'évaporation, qu'une opération en quelque façon mécanique qui sépare l'une de l'autre deux substances, sans les décomposer & sans en altérer la nature. Dans l'évaporation c'étoit le produit fixe qu'on cherchoit à conserver, sans s'embarrasser de conserver le produit volatil; dans la distillation au contraire on s'attache le plus communément à recueillir le produit volatil, à moins qu'on ne se propose de les conserver tous deux. Ainsi la distillation simple bien analysée ne doit être considérée que comme une évaporation en vaisseaux clos.

Le plus simple de tous les appareils distillatoires est une bouteille A, *planc. III*, *fig. 8*, dont on courbe, dans la verrerie même, le col B C en B D. Cette bouteille ou fiole porte alors le nom de cornue; on la place ou dans un fourneau de reverbère, comme on le voit *planche XIII*, *fig. 2*, ou au bain de sable sous une couverture de terre cuite, comme on le voit *planche III*, *fig. 1*. Pour recueillir & pour condenser les produits, on adapte à la cornue un récipient E, *planche III*, *fig. 9*, qu'on lutte avec elle: quelquefois, sur-tout dans les opé-

rations de pharmacie, on ſe ſert d'une cucurbite de verre ou de grès A, *planche III*, *fig.* 12, ſurmontée de ſon chapiteau B, ou bien d'un alambic de verre auquel tient un chapiteau d'une ſeule pièce, *figure* 13. On ménage à ce dernier une tubulure, c'eſt-à-dire une ouverture T, qu'on bouche avec un bouchon de criſtal uſé à l'émeril. On voit que le chapiteau B de l'alambic a une rigole *r r*, deſtinée à recevoir la liqueur qui ſe condenſe, & à la conduire au bec *r* S par lequel elle s'écoule.

Mais, comme dans preſque toutes les diſtillations il y a une expanſion de vapeurs qui pourroit faire éclater les vaiſſeaux, on eſt obligé de ménager au ballon ou récipient E, *fig.* 9, un petit trou T, par lequel on donne iſſue aux vapeurs. D'où l'on voit qu'on perd dans cette manière de diſtiller tous les produits qui ſont dans un état conſtamment aériforme, & ceux même qui, ne perdant pas facilement cet état, n'ont pas le tems d'être condenſés dans l'intérieur du ballon. Cet appareil ne peut donc être employé que dans les opérations courantes des laboratoires & dans la pharmacie, mais il eſt inſuffiſant pour toutes les opérations de recherches. Je détaillerai à l'article de la diſtillation composée, les moyens qu'on a imaginés pour recueillir ſans perte la totalité des produits.

Les vaiſſeaux de verre étant très-fragiles & ne réſiſtant pas toujours aux alternatives bruſques du chaud & du froid, on a imaginé de faire des appareils diſtillatoires en métal. Ces inſtrumens ſont néceſſaires pour diſtiller de l'eau, des liqueurs ſpiritueuſes, pour obtenir les huiles eſſentielles des végétaux, &c. On ne peut ſe diſpenſer dans un laboratoire bien monté d'avoir un ou deux alambics de cette eſpèce & de différente grandeur.

Cet appareil diſtillatoire conſiſte dans une cucurbite de cuivre rouge étamé A, *pl. III, fig. 15 & 16*, dans laquelle s'ajuſte, lorſqu'on le juge à propos, un bain-marie d'étain D, *figure 17*, & ſur lequel on place le chapiteau F. Ce chapiteau peut également s'ajuſter ſur la cucurbite de cuivre, ſans bain-marie ou avec le bain-marie, ſuivant la nature des opérations. Tout l'intérieur du chapiteau doit être en étain.

Il eſt néceſſaire, ſur-tout pour la diſtillation des liqueurs ſpiritueuſes, que le chapiteau F de l'alambic ſoit garni d'un réfrigérent SS, *fig. 16*, dans lequel on entretient toujours de l'eau fraîche. On la laiſſe écouler par le moyen du robinet R, quand on s'apperçoit qu'elle devient trop chaude, & on la renouvelle avec de la fraîche. Il eſt aiſé de concevoir quel eſt l'uſage de cette eau ; l'objet de la diſtillation eſt de

convertir en gaz la matière qu'on veut distiller & qui est contenue dans la cucurbite, & cette conversion se fait à l'aide du calorique fourni par le feu du fourneau : mais il n'y auroit pas de distillation, si ce même gaz ne se condensoit pas dans le chapiteau, s'il n'y perdoit pas la forme de gaz & ne redevenoit pas liquide. Il est donc nécessaire que la substance que l'on distille dépose dans le chapiteau tout le calorique qui s'y étoit combiné dans la cucurbite, & par conséquent que les parois du chapiteau soient toujours entretenues à une température plus basse que celle qui peut maintenir la substance à distiller dans l'état de gaz. L'eau du réfrigérent est destinée à remplir cet office. On sait que l'eau se convertit en gaz à 80 degrés du thermomètre françois, l'esprit-de-vin ou alkool à 67, l'éther à 32 ; on conçoit donc que ces substances ne distilleroient pas ; ou plutôt qu'elles s'échapperoient en vapeurs aériformes, si la chaleur du réfrigérent n'étoit pas entretenue au-dessous de ces degrés respectifs.

Dans la distillation des liqueurs spiritueuses & en général des liqueurs très-expansives, le réfrigérent ne suffit pas pour condenser toutes les vapeurs qui s'élèvent de la cucurbite : alors au lieu de recevoir directement la liqueur du bec T U de l'alambic dans un récipient, on inter-

poſe entre deux un ſerpentin. On donne ce nom à un inſtrument repréſenté *fig. 18*. Il conſiſte en un tuyau tourné en ſpirale, & qui fait un grand nombre de révolutions dans un ſeau de cuivre étamé BCDE. On entretient toujours de l'eau dans ce ſeau, & on la renouvelle quand elle s'échauffe. Cet inſtrument eſt en uſage dans tous les atteliers de fabrication d'eau-de-vie; on n'y emploie pas même de chapiteau proprement dit ni de réfrigérent, & toute la condenſation s'opère dans le ſerpentin. Celui repréſenté dans la *figure 18*, a un tuyau double dont l'un eſt ſpécialement deſtiné à la diſtillation des matières odorantes.

Quelquefois, même dans la diſtillation ſimple, on eſt obligé d'ajouter une allonge entre la cornue & le récipient, comme on le voit *fig. 11*. Cette diſpoſition peut avoir deux objets; ou de ſéparer l'un de l'autre des produits de différens degrés de volatilité, ou d'éloigner le récipient du fourneau, afin que la matière qui doit y être contenue éprouve moins de chaleur. Mais ces appareils & pluſieurs autres plus compliqués qui ont été imaginés par les anciens, ſont bien éloignés de répondre aux vues de la Chimie moderne: on en jugera par les détails dans leſquels j'entrerai à l'article de la diſtillation compoſée.

§. VI.

De la Sublimation.

On donne le nom de ſublimation à la diſtillation des matières qui ſe condenſent dans un état concret : ainſi on dit la ſublimation du ſoufre, la ſublimation du ſel ammoniac ou muriate ammoniacal, &c. Ces opérations n'exigent pas d'appareils particuliers ; cependant on a coutume d'employer pour la ſublimation du ſoufre, ce qu'on nomme des aludels. Ce ſont des vaiſſeaux de terre ou de fayance qui s'ajuſtent les uns avec les autres, & qui ſe placent ſur une cucurbite qui contient le ſoufre.

Un des meilleurs appareils ſublimatoires pour les matières qui ne ſont point très-volatiles, eſt une fiole à médecine qu'on enfonce aux deux tiers dans un bain de ſable ; mais alors on perd une partie du produit. Toutes les fois qu'on veut les conſerver tous, il faut ſe rapprocher des appareils pneumato-chimiques, dont je vais donner la deſcription dans le Chapitre ſuivant.



CHAPITRE

CHAPITRE VI.

Des Distillations pneumato-chimiques, des Dissolutions métalliques, & de quelques autres opérations qui exigent des Appareils très-compliqués.

§. PREMIER.

Des Distillations composées, & des Distillations pneumato-chimiques.

JE n'ai présenté dans le §. 5 du Chapitre précédent, la distillation, que comme une opération simple, dont l'objet est de séparer l'une de l'autre deux substances de volatilité différente : mais le plus souvent la distillation fait plus; elle opère une véritable décomposition du corps qui y est soumis : elle sort alors de la classe des opérations simples, & elle rentre dans l'ordre de celles qu'on peut regarder comme des plus compliquées de la chimie. Il est sans doute de l'essence de toute distillation, que la substance que l'on distille soit réduite à l'état de gaz dans la cucurbite par sa combinaison avec le calorique; mais dans la distilla-

tion ſimple ce même calorique ſe dépoſe dans le réfrigérent ou dans le ſerpentin, & la même ſubſtance reprend ſon état de liquidité. Il n'en eſt pas ainſi dans la diſtillation compoſée; il y a dans cette opération décompoſition abſolue de la ſubſtance ſoumiſe à la diſtillation: une portion telle que le charbon demeure fixe dans la cornue, tout le reſte ſe réduit en gaz d'un grand nombre d'eſpèces. Les uns ſont ſuſceptibles de ſe condenſer par le refroidiſſement, & de reparoître ſous forme concrète & liquide; les autres demeurent conſtamment dans l'état aériforme; ceux-ci ſont abſorbables par l'eau, ceux-là le ſont par les alkalis; enfin quelques-uns ne ſont abſorbables par aucune ſubſtance. Un appareil diſtillatoire ordinaire, & tel que ceux que j'ai décrits dans le chapitre précédent, ne ſuffiroit pas pour retenir & pour ſéparer des produits auſſi variés : on eſt donc obligé d'avoir recours à des moyens beaucoup plus compliqués.

Je pourrois placer ici un hiſtorique des tentatives qui ont été ſucceſſivement faites pour retenir les produits aériformes qui ſe dégagent des diſtillations; ce ſeroit une occaſion de citer Hales, Rouelle, Woulfe & pluſieurs autres chimiſtes célèbres; mais comme je me ſuis fait une loi d'être auſſi concis qu'il ſe-

soit possible, j'ai pensé qu'il valoit mieux décrire tout d'un coup l'appareil le plus parfait, plutôt que de fatiguer le lecteur par le détail de tentatives infructueuses faites dans un tems où l'on n'avoit encore que des idées très-imparfaites sur la nature des gaz en général. L'appareil dont je vais donner la description est destiné à la plus compliquée de toutes les distillations : on pourra le simplifier ensuite suivant la nature des opérations.

A, *planche IV*, *figure 1*, représente une cornue de verre tubulée en H, dont le col B s'ajuste avec un ballon G C à deux pointes. A la tubulure supérieure D de ce ballon s'ajuste un tube de verre D E fg qui vient plonger par son extrêmité g dans la liqueur contenue dans la bouteille L. A la suite de la bouteille L qui est tubulée en $x\ x\ x$ sont trois autres bouteilles L', L'', L''', qui ont de même trois tubulures ou gouleaux x', x', x'; x'', x'', x''; x''', x''', x'''. Chaque bouteille est liée par un tube de verre $x\,y\,z'$; $x'y'z''$, $x''y''z'''$; enfin à la dernière tubulure de la bouteille L''' est adapté un tube x''' R M qui aboutit sous une cloche de verre, laquelle est placée sur la tablette de l'appareil pneumato-chimique. Communément on met dans la première bouteille un poids bien connu d'eau distillée, & dans les trois autres de la potasse

caustique étendue d'eau : la tarre de ces bouteilles & le poids de la liqueur alkaline qu'elles contiennent doivent être déterminés avec un très-grand soin. Tout étant ainsi disposé, on lute toutes les jointures, savoir celle B de la cornue au ballon, & celle D de la tubulure supérieure du ballon avec du lut gras recouvert de toile imbibée de chaux & de blanc d'œuf, & toutes les autres avec un lut de térébenthine cuite & de cire fondues ensemble.

On voit d'après ces dispositions que lorsqu'on a mis le feu sous la cornue A, & que la substance qu'elle contient a commencé à se décomposer, les produits les moins volatils doivent se condenser & se sublimer dans le col même de la cornue, & que c'est principalement-là que doivent se rassembler les substances concrètes : que les matières plus volatiles telles que les huiles légères, l'ammoniaque & beaucoup d'autres substances, doivent se condenser dans le matras G C ; que les gaz, au contraire, qui ne peuvent être condensés par le froid, doivent bouillonner à travers les liqueurs contenues dans les bouteilles L L′L″L‴ ; que tout ce qui est absorbable par l'eau doit rester dans la bouteille L ; que tout ce qui est susceptible d'être absorbé par l'alkali doit rester dans les bouteilles L′L″L‴, enfin que les gaz qui ne sont

abſorbables ni par l'eau, ni par les alkalis, doivent s'échapper par le tube R M, à la ſortie duquel ils peuvent être reçus dans des cloches de verre. Enfin ce qu'on appeloit autrefois le *caput mortuum*, le charbon & la terre comme abſolument fixes, doivent reſter dans la cornue.

On a toujours dans cette manière d'opérer une preuve matérielle de l'exactitude du réſultat; car le poids des matières en total doit être le même avant & après l'opération: ſi donc on a opéré par exemple ſur 8 onces de gomme arabique ou d'amidon, le poids du réſidu charbonneux qui reſtera dans la cornue A après l'opération, plus celui des produits raſſemblés dans ſon col & dans le matras G C, plus celui du gaz raſſemblé dans la cloche M, plus enfin l'augmentation de poids acquiſe par les bouteilles L, L', L'', L'''; tous ces poids, dis-je, réunis doivent former un total de 8 onces. S'il y a plus ou moins, il y a erreur, & il faut recommencer l'expérience juſqu'à ce qu'on ait un réſultat dont on ſoit ſatisfait, & qui diffère à peine de 6 ou 8 grains par livre de matière miſe en expérience.

J'ai rencontré long-tems dans ce genre d'expériences des difficultés preſqu'inſurmontables, & qui m'auroient obligé d'y renoncer, ſi je ne fuſſe parvenu enfin à les lever par un moyen

très-simple, & dont M. Haſſenfratz m'a fourni l'idée. Le moindre ralentiſſement dans le degré de feu du fourneau, & beaucoup d'autres circonſtances inſéparables de ce genre d'expériences occaſionnent ſouvent des réabſorptions de gaz : l'eau de la cuve rentre rapidement dans la bouteille L''' par le tube x''' R M : la même choſe arrive d'une bouteille à l'autre, & ſouvent la liqueur remonte juſques dans le ballon C. On prévient ces accidens en employant des bouteilles à trois tubulures, & en adaptant à l'une d'elles un tube capillaire S *t*, *s' t'*, *s'' t''*, *s''' t'''*, dont le bout doit plonger dans la liqueur des bouteilles. S'il y a abſorption ſoit dans la cornue, ſoit dans quelques-unes des bouteilles, il rentre par ces tubes de l'air extérieur qui remplace le vuide qui s'eſt formé, & on en eſt quitte pour avoir un petit mélange d'air commun dans les produits ; mais au moins l'expérience n'eſt pas entièrement manquée. Ces tubes peuvent bien admettre de l'air extérieur, mais ils ne peuvent en laiſſer échapper, parce qu'ils ſont toujours bouchés dans leur partie inférieure *t t' t'' t'''* par le fluide des bouteilles.

On conçoit que pendant le cours de l'expérience, la liqueur des bouteilles doit remonter dans chacun de ces tubes à une hauteur relative à la preſſion qu'éprouve l'air ou le

gaz contenu dans la bouteille; or cette pression est déterminée par la hauteur & par le poids de la colonne de liquide contenu dans toutes les bouteilles subséquentes. En supposant donc qu'il y ait trois pouces de liqueur dans chaque bouteille, que la hauteur de l'eau de la cuve soit également de trois pouces au-dessus de l'orifice du tuyau R M, enfin que la pesanteur spécifique des liqueurs contenues dans les bouteilles ne differe pas sensiblement de celle de l'eau; l'air de la bouteille L sera comprimé par un poids égal à celui d'une colonne d'eau de 12 pouces. L'eau s'élevera donc de 12 pouces dans le tube S t, d'où il résulte qu'il faut donner à ce tube plus de 12 pouces de longueur au-dessus du niveau du liquide $a\,b$. Le tube $s'\,t'$ doit par la même raison avoir plus de 9 pouces, le tube $s''\,t''$ plus de six, & le tube $s'''\,t'''$ plus de trois. On doit au surplus donner à ces tubes plus que moins de longueur à cause des oscillations qui ont souvent lieu. On est obligé dans quelques cas d'introduire un semblable tube entre la cornue & le ballon; mais comme ce tube ne plonge point dans l'eau, comme il n'est point bouché par un liquide, au moins jusqu'à ce qu'il en ait passé par le progrès de la distillation, il faut en boucher l'ouverture supérieure avec un peu de lut, &

ne l'ouvrir qu'au besoin, ou lorsqu'il y a assez de liquide dans le matras C pour fermer l'extrêmité du tube.

L'appareil dont je viens de donner la description, ne peut pas être employé dans des expériences exactes, toutes les fois que les matières qu'on se propose de traiter ont une action trop rapide l'une sur l'autre, ou lorsque l'une des deux ne doit être introduite que successivement & par petites parties, comme il arrive dans les mêlanges qui font une violente effervescence. On se sert alors d'une cornue tubulée A, *planche VII*, *fig. 1*. On y introduit l'une des deux substances, & de préférence celle qui est concrète, puis on adapte & on lute à la tubulure un tube recourbé B C D A terminé dans sa partie supérieure B en entonnoir, & par son extrêmité A en un tube capillaire : c'est par l'entonnoir B de ce tube qu'on verse la liqueur. Il faut que la hauteur B C soit assez grande pour que la liqueur qu'on doit introduire puisse faire équilibre avec la résistance occasionnée par celle contenue dans les bouteilles L L' L'' L''', *planche IV*, *figure 1*.

Ceux qui n'ont pas l'habitude de se servir de l'appareil distillatoire que je viens de decrire, ne manqueront pas de s'effrayer de la grande quantité d'ouvertures qu'on est obligé

de luter, & du tems qu'exigent les préliminaires de semblables expériences ; & en effet si on fait entrer en ligne de compte les pesées qu'il est nécessaire de faire avant l'expérience & de répéter après, les préparatifs sont beaucoup plus longs que l'expérience elle-même. Mais aussi on est bien dédommagé de ses peines quand l'expérience réussit, & on acquiert en une seule fois plus de connoissances sur la nature de la substance animale ou végétale qu'on a soumise à la distillation, que par plusieurs semaines du travail le plus assidu.

A défaut de bouteilles triplement tubulées, on se sert de bouteilles à deux gouleaux : il est même possible de mettre les trois tubes dans la même ouverture, & de se servir de bouteilles ordinaires à gouleaux renversés pourvu que l'ouverture soit suffisamment grande. Il faut avoir soin d'ajuster sur les bouteilles des bouchons qu'on use avec une lime très douce, & qu'on fait bouillir dans un mêlange d'huile, de cire & de térébenthine. On perce à travers ces bouchons avec une lime nommée queue de rat, voyez *planche I*, *fig. 16*, autant de trous qu'il est nécessaire pour le passage des tubes : on voit un de ces bouchons représenté, *pl. IV*, *figure 8*.

§. II.

Des Dissolutions métalliques.

J'ai déja fait sentir lorsque j'ai parlé de la solution des sels dans l'eau, combien il existoit de différence entre cette opération & la dissolution métallique. On a vu que la solution des sels n'exigeoit aucun appareil particulier, & que tout vase y étoit propre. Il n'en est pas de même de la dissolution des métaux; pour ne rien perdre dans cette dernière, & pour obtenir des résultats vraiment concluans, il faut employer des appareils très-compliqués, & dont l'invention appartient absolument aux chimistes de notre âge.

Les métaux en général se dissolvent avec effervescence dans les acides; or l'effet auquel on a donné le nom d'effervescence n'est autre chose qu'un mouvement excité dans la liqueur dissolvante par le dégagement d'un grand nombre de bulles d'air ou de fluide aériforme qui partent de la surface du métal, & qui crèvent en sortant de la liqueur dissolvante.

M. Cavendish & M. Priestley sont les premiers qui aient imaginé des appareils simples pour recueillir ces fluides élastiques. Celui de M. Priestley consiste en une bouteille A, *pl. VII*,

figure 2, bouchée en B avec un bouchon de liège troué dans son milieu, & qui laisse passer un tube de verre recourbé en B C, qui s'engage sous des cloches remplies d'eau, & renversées dans un bassin plein d'eau : on commence par introduire le métal dans la bouteille A, on verse l'acide par-dessus, puis on bouche avec le bouchon garni de son tube B C.

Mais cet appareil n'est pas sans inconvénient, du moins pour des expériences très-exactes. Premièrement lorsque l'acide est très-concentré, & que le métal est très-divisé, l'effervescence commence souvent avant qu'on ait eu le tems de boucher la bouteille ; il y a perte de gaz, & on ne peut plus déterminer les quantités avec exactitude. Secondement dans toutes les opérations où l'on est obligé de faire chauffer, il y a une partie de l'acide qui se distille & qui se mêle avec l'eau de la cuve ; en sorte qu'on se trompe dans le calcul des quantités d'acide décomposées. Troisièmement enfin l'eau de la cuve absorbe tous les gaz susceptibles de se combiner avec l'eau, & il est impossible de les recueillir sans perte.

Pour remédier à ces inconvéniens, j'avois d'abord imaginé d'adapter à une bouteille à deux gouleaux A, *planche VII*, *figure 3*, un entonnoir de verre B C qu'on y lute de ma-

nière à ne laisser aucune issue à l'air. Dans cet entonnoir entre une tige de cristal D E usée en D à l'émeri avec l'entonnoir, de manière à le fermer comme le bouchon d'un flacon.

Lorsqu'on veut opérer, on commence par introduire dans la bouteille A la matière à dissoudre: on lute l'entonnoir, on le bouche avec la tige D E, puis on y verse de l'acide qu'on fait passer dans la bouteille en aussi petite quantité que l'on veut, en soulevant doucement la tige: on répète successivement cette opération jusqu'à ce qu'on soit arrivé au point de saturation.

On a employé depuis un autre moyen qui remplit le même objet, & qui dans certains cas est préférable: j'en ai déjà donné une idée dans le paragraphe précédent. Il consiste à adapter à l'une des tubulures de la bouteille A, *pl. VII, fig. 4*, un tube recourbé D E F G terminé en D par une couverture capillaire, & en G par un entonnoir soudé au tube; on le lute soigneusement & solidement dans la tubulure C. Lorsqu'on verse une petite goutte de liqueur dans le tube par l'entonnoir G, elle tombe dans la partie F; si on en ajoute davantage, elle parvient à dépasser la courbure E & à s'introduire dans la bouteille A: l'écoulement dure tant qu'on fournit de nouvelle liqueur par l'entonnoir G. On conçoit qu'elle ne peut

jamais être chaſſée en dehors du tube E F G, & qu'il ne peut jamais ſortir d'air ou de gaz de la bouteille; parce que le poids de la liqueur l'en empêche & fait l'effet d'un véritable bouchon.

Pour remédier au ſecond inconvénient; à celui de la diſtillation de l'acide, qui s'opère ſur-tout dans les diſſolutions qui ſont accompagnées de chaleur, on adapte à la cornue A, *planc. VII*, *fig. 1*, un petit matras tubulé M qui reçoit la liqueur qui ſe condenſe.

Enfin pour ſéparer les gaz abſorbables par l'eau, tel que le gaz acide carbonique, on ajoute une bouteille L à deux gouleaux dans laquelle on met de l'alkali pur étendu d'eau: l'alkali abſorbe tout le gaz acide carbonique, & il ne paſſe plus, communément, ſous la cloche par le tube N O, qu'une ou deux eſpèces de gaz tout au plus: on a vu dans le premier chapitre de cette troiſième partie comment on parvenoit à les ſéparer. Si une bouteille d'alkali ne ſuffit pas, on en ajoute juſqu'à trois & quatre.

§. III.

Des Appareils relatifs aux fermentations vineuſe & putride.

La fermentation vineuſe & la fermentation

putride exigent des appareils particuliers, & destinés uniquement à ce genre d'expériences. Je vais décrire celui que j'ai cru devoir définitivement adopter, après y avoir fait successivement un grand nombre de corrections.

On prend un grand matras A, *planche X*, d'environ 12 pintes de capacité : on y adapte une virole de cuivre *a b* solidement mastiquée, & dans laquelle se visse un tuyau coudé *c d* garni d'un robinet *e*. A ce tuyau s'adapte une espèce de récipient de verre à trois pointes B, au-dessous duquel est placée une bouteille C avec laquelle il communique. A la suite du récipient B est un tube de verre *g h i*, mastiqué en *g* & en *i* avec des viroles de cuivre : il est destiné à recevoir un sel concret très-déliquescent, tel que du nitrate ou du muriate de chaux, de l'acétite de potasse, &c.

Enfin ce tube est suivi de deux bouteilles D, E, remplies jusqu'en *x y* d'alkali dissous dans l'eau, & bien dépouillé d'acide carbonique.

Toutes les parties de cet appareil sont réunies les unes avec les autres par le moyen de vis & d'écrous qui se serrent; les points de contact sont garnis de cuir gras qui empêche tout passage de l'air : enfin chaque pièce est garnie de deux robinets, de manière qu'on

peut la fermer par ses deux extrêmités, & peser ainsi chacune séparément à toutes les époques de l'expérience qu'on le juge à propos.

C'est dans le ballon A qu'on met la matière fermentescible, du sucre par exemple, & de la levure de bière étendue d'une suffisante quantité d'eau & dont le poids est bien déterminé. Quelquefois lorsque la fermentation est trop rapide, il se forme une quantité considérable d'écume qui non-seulement remplit le col du ballon, mais qui passe dans le récipient B & coule dans la bouteille C. C'est pour recueillir cette mousse & empêcher qu'elle ne passe dans le tube déliquescent, qu'on a donné une capacité considérable au récipient B & à la bouteille C.

Il ne se dégage dans la fermentation du sucre, c'est-à-dire dans la fermentation vineuse, que de l'acide carbonique qui emporte avec lui un peu d'eau qu'il tient en dissolution. Il en dépose une grande partie en passant par le tube *g h i* qui contient un sel déliquescent en poudre grossière, & on en connoît la quantité par l'augmentation de poids acquise par le sel. Ce même acide carbonique bouillonne ensuite à travers la liqueur alkaline de la bouteille D, dans laquelle il est conduit par le tube *k l m*. La petite portion qui n'a point été absorbée par

l'alkali contenu dans cette première bouteille ; n'échappe point à la seconde E, & ordinairement il ne paſſe abſolument rien ſous la cloche F, ſi ce n'eſt l'air commun qui étoit contenu au commencement de l'expérience dans le vuide des vaiſſeaux.

Le même appareil peut ſervir pour les fermentations putrides ; mais alors il paſſe une quantité conſidérable de gaz hydrogène par le tube *q r s t u*, lequel eſt reçu dans la cloche F; & comme le dégagement eſt rapide, ſur-tout en été, il faut la changer fréquemment. Ces fermentations exigent en conſéquence une ſurveillance continuelle, tandis que la fermentation vineuſe n'en exige aucune.

On voit qu'au moyen de cet appareil on peut connoître avec une grande préciſion le poids des matériaux mis à fermenter, & celui de tous les produits liquides ou aériformes qui s'en ſont dégagés. On peut voir les details dans leſquels je ſuis entré ſur le réſultat de la fermentation vineuſe, dans le Chapitre XIII de la premiere partie de cet Ouvrage, page 139.

§. IV.

Appareil particulier pour la décompoſition de l'eau.

J'ai déjà expoſé, dans la première Partie de cet Ouvrage, Chapitre VIII, page 87, les expériences relatives à la décompoſition de l'eau; j'éviterai donc des répétitions inutiles, & je me bornerai à des obſervations très-ſommaires. Les matières qui ont la propriété de décompoſer l'eau, ſont principalement le fer & le charbon; mais il faut pour cela qu'ils ſoient portés à une chaleur rouge : ſans cette condition l'eau ſe réduit ſimplement en vapeurs, & elle ſe condenſe enſuite par le refroidiſſement, ſans avoir éprouvé la moindre altération : à une chaleur rouge au contraire, le fer & le charbon enlèvent l'oxygène à l'hydrogène; dans le premier cas il ſe forme de l'oxide noir de fer, & l'hydrogène ſe dégage libre & pur ſous la forme de gaz; dans le ſecond il ſe forme du gaz acide carbonique qui ſe dégage mêlé avec le gaz hydrogène, & ce dernier eſt communément carboniſé.

On ſe ſert avec avantage, pour décompoſer l'eau par le fer, d'un canon de fuſil dont on ôte la culaſſe. On trouve aiſément de ces ſortes

de canons chez les marchands de féraille. On doit choisir les plus longs & les plus forts : lorsqu'ils sont trop courts & qu'on craint que les luts ne s'échauffent trop, on y fait souder en soudure forte un bout de tuyau de cuivre. On place ce tuyau de fer dans un fourneau allongé CDEF, *planche VII, fig. 11*, en lui donnant une inclinaison de quelques degrés de E en F : cette inclinaison doit être un peu plus grande qu'elle n'est présentée dans la *fig. 11*. On adapte à la partie supérieure E de ce tuyau, une cornue de verre qui contient de l'eau & qui est placée sur un fourneau VVXX. On le lute par son extrêmité inférieure F avec un serpentin SS', qui s'adapte lui-même avec un flacon tubulé H, où se rassemble l'eau qui a échappé à la décomposition. Enfin le gaz qui se dégage est porté à la cuve où il est reçu sous des cloches par le tube KK adapté à la tubulure K du flacon H. Au lieu de la cornue A, on peut employer un entonnoir fermé d'un robinet par le bas, & par lequel on laisse couler l'eau goutte à goutte. Si-tôt que cette eau est parvenue à la partie où le tube est échauffé, elle se vaporise, & l'expérience a lieu de la même manière que si elle étoit fournie en vapeurs par le moyen de la cornue A.

Dans l'expérience que nous avons faite,

M. Meufnier & moi ; en préfence des Commiffaires de l'Académie ; nous n'avions rien négligé pour obtenir la plus grande précifion poffible dans les réfultats ; nous avions même porté le fcrupule jufqu'à faire le vuide dans les vaiffeaux avant de commencer l'expérience, afin que le gaz hydrogène que nous obtiendrions fût exempt de mélange de gaz azote. Nous rendrons compte à l'Académie, dans un très-grand détail, des réfultats que nous avons obtenus.

Dans un grand nombre de recherches on eft obligé de fubftituer au canon de fufil des tubes de verre, de porcelaine ou de cuivre. Mais les premiers ont l'inconvénient d'être faciles à fondre : pour peu que l'expérience ne foit pas bien ménagée, le tube s'applatit & fe déforme. Les tubes de porcelaine font la plupart percés d'une infinité de petits trous imperceptibles par lefquels le gaz s'échappe, furtout s'il eft comprimé par une colonne d'eau. C'eft ce qui m'a déterminé à me procurer un tube de cuivre rouge, que M. de la Briche a bien voulu faire couler plein & faire forer fous fes yeux à Strafbourg. Ce tube eft très-commode pour opérer la décompofition de l'alkool : on fait en effet qu'expofé à une chaleur rouge, il fe réfout en carbone, en gaz acide

carbonique & en gaz hydrogène. Ce même tube peut également servir à la décomposition de l'eau par le carbone, & à un grand nombre d'expériences.

§. V.

De la préparation & de l'emploi des Luts.

Si dans un tems où l'on perdoit une grande partie des produits de la distillation, où l'on ne tenoit aucun compte de tout ce qui se séparoit sous forme de gaz, en un mot où l'on ne faisoit aucune expérience exacte & rigoureuse, on sentoit déjà la nécessité de bien luter les jointures des appareils distillatoires; combien cette opération manuelle & mécanique n'est-elle pas devenue plus importante, depuis qu'on ne se permet plus de rien perdre dans les distillations & dans les dissolutions, depuis qu'on exige qu'un grand nombre de vaisseaux réunis ensemble se comportent comme s'ils n'étoient que d'une seule pièce, & comme s'ils étoient hermétiquement fermés; enfin depuis qu'on n'est plus satisfait des expériences, qu'autant que la somme du poids des produits obtenus est égale à celui des matériaux mis en expérience.

La première condition qu'on exige de tout

lut destiné à fermer les jointures des vaisseaux, est d'être aussi imperméable que le verre lui-même, de manière qu'aucune matière, si subtile qu'elle soit, à l'exception du calorique, ne puisse le pénétrer. Une livre de cire fondue avec une once & demie ou deux onces de térébenthine, remplissent très-bien ce premier objet; il en résulte un lut facile à manier, qui s'attache fortement au verre & qui ne se laisse pas facilement pénétrer : on peut lui donner plus de consistance & le rendre plus ou moins dur, plus ou moins sec, plus ou moins souple, en y ajoutant différentes résines. Cette classe de luts a l'avantage de pouvoir se ramollir par la chaleur, ce qui les rend commodes pour fermer promptement les jointures des vaisseaux : mais, quelque parfaits qu'ils soient pour contenir les gaz & les vapeurs, il s'en faut bien qu'ils puissent être d'un usage général. Dans presque toutes les opérations chimiques, les luts sont exposés à une chaleur considérable & souvent supérieure au degré de l'eau bouillante : or à ce degré les résines se ramollissent, elles deviennent presque liquides, & les vapeurs expansives contenues dans les vaisseaux se font bientôt jour & bouillonnent à travers.

On a donc été obligé d'avoir recours à des

matières plus propres à résister à la chaleur, & voici le lut auquel les Chimistes se sont arrêtés après beaucoup de tentatives ; non pas qu'il n'ait quelques inconvéniens, comme je le dirai bientôt, mais parce qu'à tout prendre c'est encore celui qui réunit le plus d'avantages. Je vais donner quelques détails sur sa préparation & sur-tout sur son emploi : une longue expérience en ce genre m'a mis en état d'applanir aux autres un grand nombre de difficultés.

L'espèce de lut dont je parle dans ce moment, est connue des Chimistes sous le nom de lut gras. Pour le préparer on prend de l'argile non cuite, pure & très-sèche ; on la réduit en poudre fine, & on la passe au tamis de soie. On la met ensuite dans un mortier de fonte, & on la bat pendant plusieurs heures à coups redoublés avec un lourd pilon de fer, en l'arrosant peu à peu avec de l'huile de lin cuite, c'est-à-dire, avec de l'huile de lin qu'on a oxygénée & rendue siccative par l'addition d'un peu de litharge. Ce lut est encore meilleur & plus ténace, il s'attache mieux au verre quand, au lieu d'huile grasse ordinaire, on emploie du vernis gras au succin. Ce vernis n'est autre chose qu'une dissolution de succin ou ambre jaune dans de l'huile de lin ; mais cette dissolution n'a lieu qu'autant que le succin a été préalablement

fondu ſeul : il perd dans cette opération préalable un peu d'acide ſuccinique & un peu d'huile. Le lut fait avec le vernis gras eſt, comme je l'ai dit, un peu préférable à celui fait avec de l'huile de lin ſeul ; mais il eſt beaucoup plus cher, & l'excédent de qualité qu'on acquiert n'eſt pas en proportion de l'excédent du prix : auſſi eſt-il rarement employé.

Le lut gras réſiſte très-bien à un degré de chaleur même aſſez violent : il eſt imperméable aux acides & aux liqueurs ſpiritueuſes ; il prend bien ſur les métaux, ſur le grès, ſur la porcelaine & ſur le verre, mais pourvu qu'ils ayent été préalablement bien ſéchés. Si par malheur dans le cours d'une opération la liqueur en diſtillation s'eſt fait jour & qu'il ait pénétré quelque peu d'humidité, ſoit entre le verre & le lut, ſoit entre différentes couches même du lut, il eſt d'une extrême difficulté de reboucher les ouvertures qui ſe ſont formées ; & c'eſt un des principaux inconvéniens, peut-être le ſeul, que préſente l'uſage du lut gras.

La chaleur ramollit ce lut, & même au point de le faire couler ; il a beſoin en conſéquence d'être contenu. Le meilleur moyen eſt de le recouvrir avec des bandes de veſſie, qu'on mouille & qu'on tortille tout autour. On fait

ensuite une ligature avec de gros fil au dessus & au-dessous du lut, puis on passe par-dessus le lut même & par conséquent par-dessus la vessie qui le recouvre, un grand nombre de tours de fil: un lut arrangé avec ces précautions, est à l'abri de tout accident.

Très-souvent la figure des jointures des vaisseaux ne permet pas d'y faire une ligature, & c'est ce qui arrive au col des bouteilles à trois gouleaux: il faut d'ailleurs beaucoup d'adresse pour serrer suffisamment le fil sans ébranler l'appareil, & dans les expériences où les luts sont très-multipliés, on en dérangeroit souvent plusieurs pour en arranger un seul. Alors on substitue à la vessie & à la ligature des bandes de toile imbibées de blanc d'œuf dans lequel on a délayé de la chaux. On applique sur le lut gras les bandes de toile encore humides; en peu de tems elles se sèchent & acquièrent une assez grande dureté. On peut appliquer ces mêmes bandes sur les luts de cire & de résine. De la colle forte délayée dans de l'eau, peut suppléer au blanc d'œuf.

La première attention qu'on doit avoir avant d'appliquer un lut quelconque sur les jointures des vaisseaux, est de les asseoir & de les assujétir solidement, de manière qu'ils ne puissent se prêter à aucun mouvement. Si c'est le col

d'une cornue qu'on veut luter à celui d'un récipient, il faut qu'il y entre à peu près juſte ; s'il y a un peu de jeu, il faut aſſujétir les deux vaiſſeaux en introduiſant entre leurs cols de petits morceaux fort courts d'alumettes ou de bouchon. Si la diſproportion des deux cols eſt trop grande, on choiſit un bouchon qui entre juſte dans le col du matras ou récipient ; on fait au milieu de ce bouchon un trou rond de la groſſeur néceſſaire pour recevoir le col de la cornue.

La même précaution eſt néceſſaire à l'égard des tubes recourbés, qui doivent être lutés à des gouleaux de bouteille, comme dans la *planche IV*, *fig.* 1. On commence par choiſir un bouchon qui entre juſte dans le gouleau ; puis on le perce d'un trou avec une lime d'une eſpèce nommée *queue de rat*. *Voyez* une de ces limes repréſentée *planc. I*, *fig.* 16. Quand un même gouleau eſt deſtiné à recevoir deux tubes, ce qui arrive très-ſouvent, ſur-tout à défaut de bouteilles à deux & à trois gouleaux, on perce le bouchon de deux & de trois trous, pour qu'il puiſſe recevoir deux ou trois tubes. On voit un de ces bouchons repréſenté *pl. IV*, *fig.* 8.

Ce n'eſt que lorſque l'appareil eſt ainſi ſolidement aſſujetti & de manière à ce qu'aucune

partie n'en puiſſe jouer, qu'on doit commencer à luter. On ramollit d'abord à cet effet le lut, en le pêtriſſant; quelquefois même, ſur-tout en hiver, on eſt obligé de le faire légèrement chauffer : on le roule enſuite entre les doigts, pour le réduire en petits cylindres qu'on applique ſur les vaſes qu'on veut luter, en ayant ſoin de les appuyer & de les applatir ſur le verre, afin qu'ils y contractent de l'adhérence. A un premier petit cylindre on en ajoute un ſecond, qu'on applatit également, mais de manière que ſon bord empiète ſur le précédent, & ainſi de ſuite. Quelque ſimple que ſoit cette opération, il n'eſt pas donné à tout le monde de la bien faire, & il n'eſt pas rare de voir les perſonnes peu au fait, recommencer un grand nombre de fois des luts ſans ſuccès, tandis que d'autres y réuſſiſſent avec certitude & dès la première fois. Le lut fait, on le recouvre, comme je l'ai dit, avec de la veſſie bien ficelée & bien ſerrée, ou avec des bandes de toile imbibées de blanc d'œuf & de chaux. Je répéterai encore qu'il faut bien prendre garde, en faiſant un lut & ſur-tout en le ficelant, d'ébranler tous les autres; autrement on détruiroit ſon propre ouvrage, & on ne parviendroit jamais à clôre les vaiſſeaux.

On ne doit jamais commencer une expé-

rience, sans avoir essayé préalablement les luts. Il suffit pour cela, ou de chauffer très-légèrement la cornue A, *planc. IV*, *fig. 1*, ou de souffler de l'air par quelques-uns des tubes *s s' s'' s'''*; le changement de pression qui en résulte, doit changer le niveau de la liqueur dans tous les tubes; mais si l'appareil perd air de quelque part, la liqueur se remet bientôt à son niveau; elle reste au contraire constamment, soit au-dessus, soit au-dessous, si l'appareil est bien fermé.

On ne doit pas oublier que c'est de la manière de luter, de la patience, de l'exactitude qu'on y apporte, que dépendent tous les succès de la Chimie moderne: il n'est donc point d'opération qui demande plus de soins & d'attention.

Ce seroit un grand service à rendre aux Chimistes & sur-tout aux Chimistes pneumatiques, que de les mettre en état de se passer de luts, ou du moins d'en diminuer considérablement le nombre. J'avois d'abord pensé à faire construire des appareils dont toutes les parties fussent bouchées à frottement, comme les flacons bouchés en cristal; mais l'exécution m'a présenté d'assez grandes difficultés. Il m'a paru préférable de suppléer aux luts par le moyen de colonnes de mercure, de quelques lignes

de hauteur. Je viens de faire exécuter dans cette vue un appareil dont je vais donner la description, & dont l'usage me paroît pouvoir être utile & commode dans un grand nombre de circonstances.

Il consiste dans une bouteille A, *planche XII*, *fig.* 12, à double gouleau; l'un intérieur *b c*, communique avec le dedans de la bouteille; l'autre extérieur *d e*, qui laisse un intervalle entre lui & le précédent, & qui forme tout autour une profonde rigole *d b*, *c e*, destinée à recevoir du mercure. C'est dans cette rigole qu'entre & s'ajuste le couvercle de verre B. Il a par le bas des échancrures pour le passage des tubes de verre destinés au dégagement des gaz. Ces tubes, au lieu de plonger directement dans la bouteille A, comme dans les appareils ordinaires, se contournent auparavant, comme on le voit *fig.* 13, pour s'enfoncer dans la rigole, & pour passer par-dessous les échancrures du couvercle B : ils remontent ensuite pour entrer dans la bouteille, en passant par-dessus les bords du gouleau intérieur.

Il est aisé de voir que, lorsque les tubes ont été mis en place, que le couvercle B a été solidement assujetti, & que la rigole *d b*, *c e* a été remplie de mercure, la bouteille se trouve

fermée & ne communique plus à l'extérieur que par les tubes.

Un appareil de cette eſpèce ſera très-commode dans un grand nombre d'expériences; mais on ne pourra le mettre en uſage que dans la diſtillation des matières qui n'ont point d'action ſur le mercure.

M. Séguin, dont les ſecours actifs & intelligens m'ont été ſi ſouvent utiles, a même déjà commandé dans les verreries des cornues jointes hermétiquement à des récipiens; en ſorte qu'il ſeroit poſſible de parvenir à n'avoir plus aucun lut. On voit, *planche XII, fig. 14*, un appareil monté d'après les principes que je viens d'expoſer.



CHAPITRE VII.

Des Opérations relatives à la combuſtion proprement dite & à la détonation.

LA combuſtion n'eſt autre choſe, d'après ce qui a été expoſé dans la première Partie de cet Ouvrage, que la décompoſition du gaz oxygène opérée par un corps combuſtible. L'oxygène qui forme la baſe de ce gaz eſt abſorbé, le calorique & la lumière deviennent libres & ſe dégagent. Toute combuſtion entraîne donc avec elle l'idée d'oxygénation, tandis qu'au contraire l'oxygénation n'entraîne pas eſſentiellement l'idée de combuſtion, puiſque la combuſtion proprement dite ne peut avoir lieu ſans un dégagement de lumière & de calorique. Il faut, pour que la combuſtion s'opère, que la baſe du gaz oxygène ait plus d'affinité avec le corps combuſtible, qu'elle n'en a avec le calorique : or cette attraction élective, pour me ſervir de l'expreſſion de Bergman, n'a lieu qu'à un certain degré de température, qui même eſt différent pour chaque ſubſtance combuſtible ; de-là la néceſſité de donner le premier mouvement à la combuſtion par l'approche d'un corps chaud. Cette néceſſité d'échauffer le corps

qu'on ſe propoſe de brûler, tient à des conſi-dérations qui n'ont encore fixé l'attention d'au-cun Phyſicien, & auxquels je demande la per-miſſion de m'arrêter quelques inſtans; on verra qu'elles ne s'éloignent pas de mon ſujet.

L'état actuel où nous voyons la nature eſt un état d'équilibre auquel elle n'a pu arriver qu'a-près que toutes les combuſtions ſpontanées poſ-ſibles au degré de chaleur dans lequel nous vi-vons, toutes les oxygénations poſſibles ont eu lieu. Il ne peut donc y avoir de nouvelles com-buſtions ou oxygénations, qu'autant qu'on ſort de cet état d'équilibre & qu'on tranſporte les ſubſtances combuſtibles dans une température plus élevée. Eclairciſſons par un exemple ce que cet énoncé peut préſenter d'abſtrait. Suppo-ſons que la température habituelle de la terre changeât d'une très-petite quantité, & qu'elle devînt ſeulement égale à celle de l'eau bouil-lante: il eſt évident que le phoſphore étant combuſtible beaucoup au-deſſous de ce degré, cette ſubſtance n'exiſteroit plus dans la nature dans ſon état de pureté & de ſimplicité, elle ſe préſenteroit toujours dans l'état d'acide, c'eſt-à-dire oxygénée, & ſon radical ſeroit au nom-bre des ſubſtances inconnues. Il en ſeroit ſuc-ceſſivement de même de tous les corps com-buſtibles, ſi la température de la terre deve-

noit de plus en plus élevée ; & on arriveroit enfin à un point où toutes les combustions possibles seroient épuisées, où il ne pourroit plus exister de corps combustibles, où tous seroient oxygénés & par conséquent incombustibles.

Revenons donc à dire qu'il ne peut y avoir pour nous de corps combustibles, que ceux qui sont incombustibles au degré de température dans lequel nous vivons ; ou ce qui veut dire la même chose en d'autres termes, qu'il est de l'essence de tout corps combustible de ne pouvoir jouir de la propriété combustible ; qu'autant qu'on l'échauffe & qu'on le transporte au degré de chaleur où s'opère sa combustion. Ce degré une fois atteint la combustion commence, & le calorique qui se dégage par l'effet de la décomposition du gaz oxygène, entretient le degré de température nécessaire pour la continuer. Lorsqu'il en est autrement, c'est-à-dire, lorsque le calorique fourni par la décomposition du gaz oxygène n'est pas suffisant pour que le degré de chaleur nécessaire à la combustion se continue, elle cesse : c'est ce qu'on exprime lorsqu'on dit que le corps brûle mal, qu'il est difficilement combustible.

Quoique la combustion ait quelque chose de commun avec la distillation, sur-tout avec la distillation composée, elle en diffère cependant en

en un point eſſentiel. Il y a bien dans la diſtillation ſéparation d'une partie des principes du corps que l'on y ſoumet, & combinaiſon de ces mêmes principes dans un autre ordre, déterminé par les affinités qui ont lieu à la température à laquelle s'eſt opérée la diſtillation; mais il y a plus dans la combuſtion, il y a addition d'un nouveau principe, l'oxygène, & diſſipation d'un autre principe, le calorique.

C'eſt cette néceſſité d'employer l'oxygène dans l'état de gaz & d'en déterminer rigoureuſement les quantités, qui rend ſi embarraſſantes les expériences relatives à la combuſtion. Une autre difficulté inſéparable de ces opérations, tient à ce que les produits qu'elles fourniſſent ſe dégagent preſque toujours dans l'état de gaz: ſi donc il eſt difficile de retenir & de raſſembler les produits de la diſtillation, il l'eſt bien davantage de recueillir ceux de la combuſtion; auſſi aucun des anciens Chimiſtes n'en a-t-il eu la prétention, & ce genre d'expérience appartient-il abſolument à la Chimie moderne.

Après avoir rappelé d'une manière générale le but qu'on doit ſe propoſer dans les différentes expériences relatives à la combuſtion, je paſſe à la deſcription des différens appareils que j'ai imaginés dans cette vue. Je n'adopterai dans les articles qui compoſeront ce Chapitre, au-

cune division relative à la nature des combustibles; je les classerai relativement à la nature des appareils qui conviennent à leur combustion.

§. I.

De la Combustion du Phosphore & du Charbon.

J'ai déjà décrit, page 57 de cet Ouvrage, les appareils que j'ai employés pour la combustion du charbon & du phosphore. Cependant, comme j'avois alors plutôt en vue de donner une idée du résultat de ces combustions, que d'enseigner le détail des procédés nécessaires pour les obtenir, je ne me suis peut-être pas assez étendu sur la manipulation relative à ce genre d'expériences.

On commence, pour opérer la combustion du phosphore ou du charbon, par remplir de gaz oxygène dans l'appareil pneumato-chimique à l'eau, *pl. V*, *fig. 1*, une cloche de six pintes au moins de capacité. Lorsqu'elle est pleine à rase & que le gaz commence à dégorger par-dessous, on transporte cette cloche A sur l'appareil au mercure, *planche IV*, *fig. 3*, à l'aide d'un vaisseau de verre ou de fayance très-plat, qu'on passe par-dessous. Cette opération faite, on sèche bien avec du papier gris la surface du

mercure, tant dans l'intérieur qu'à l'extérieur de la cloche. Cette opération demande quelques précautions : si on n'avoit pas l'attention de plonger le papier gris pendant quelque tems entièrement sous le mercure avant de l'introduire sous la cloche, on y feroit passer de l'air commun qui s'attache avec beaucoup de ténacité au papier.

On a d'un autre côté une petite capsule D, de fer ou de porcelaine plate & évasée, sur laquelle on place le corps qu'on veut brûler, après en avoir très-exactement déterminé le poids à la balance d'essai; on recouvre ensuite cette capsule d'une autre un peu plus grande P, qui fait à son égard l'office de la cloche du plongeur, & on fait passer le tout à travers le mercure : après quoi on retire à travers le mercure la capsule P qui ne servoit en quelque façon que de couvercle. On peut éviter l'embarras & la difficulté de faire passer les matières à travers le mercure, en soulevant un des côtés de la cloche pendant un instant presqu'indivisible; & en introduisant ainsi, par le passage qu'on s'est ménagé, la capsule avec le corps combustible. Il se mêle dans cette seconde manière d'opérer un peu d'air commun avec le gaz oxygène; mais ce mélange qui est peu considérable, ne nuit ni au succès, ni à l'exactitude de l'expérience.

Lorſque la capſule D, *planche IV*, *fig. 3*, eſt introduite ſous la cloche, on ſuce une partie du gaz oxygène qu'elle contient pour élever le mercure juſqu'en EF. Sans cette précaution, dès que le corps combuſtible ſeroit allumé, la chaleur dilateroit l'air; elle en feroit paſſer une portion par-deſſous la cloche, & on ne pourroit plus faire aucun calcul exact ſur les quantités. On ſe ſert, pour ſucer l'air, d'un ſiphon GHI, qu'on paſſe par-deſſous la cloche; & pour qu'il ne s'empliſſe pas de mercure, on tortille à ſon extrêmité I un petit morceau de papier.

Il y a un art pour élever ainſi en ſuçant une colonne de mercure à une hauteur de pluſieurs pouces au-deſſus de ſon niveau: ſi on ſe contentoit d'aſpirer l'air avec le poumon, on n'atteindroit qu'à une très-médiocre élévation, par exemple, d'un pouce ou d'un pouce & demi tout au plus; encore n'y parviendroit-on qu'avec de grands efforts; tandis que par l'action des muſcles de la bouche on peut élever ſans ſe fatiguer, ou au moins ſans riſquer de s'incommoder, le mercure juſqu'à ſix à ſept pouces. Un moyen plus commode encore eſt de ſe ſervir d'une petite pompe que l'on adapte au ſiphon GHI: on élève alors le mercure à telle hauteur qu'on le juge à propos, pourvu qu'elle n'excède pas 28 pouces.

Si le corps combuſtible eſt fort inflammable, comme le phoſphore, on l'allume avec un fer recourbé MN, *planche IV*, *fig. 16*, qu'on fait rougir au feu, & qu'on paſſe bruſquement ſous la cloche : dès qu'il eſt en contact avec le phoſphore, ce dernier s'allume. Pour les corps moins combuſtibles, tels que le fer, quelques autres métaux, le charbon, &c. on ſe ſert d'un petit fragment d'amadoue ſur lequel on place un atôme de phoſphore : on allume également ce dernier avec un fer rouge recourbé ; l'inflammation ſe communique à l'amadoue, puis au corps combuſtible.

Dans le premier inſtant de la combuſtion, l'air ſe dilate & le mercure deſcend ; mais lorſqu'il n'y a point de fluide élaſtique formé, comme dans la combuſtion du fer & du phoſphore, l'abſorption devient bientôt ſenſible, & le mercure remonte très-haut dans la cloche. Il faut en conſéquence avoir attention de ne point brûler une trop grande quantité du corps combuſtible dans une quantité donnée d'air ; autrement la capſule, vers la fin de la combuſtion, s'approcheroit trop du dôme de la cloche, & la grande chaleur pourroit en occaſionner la fracture.

J'ai indiqué, Chapitre II, §. V & VI, les opérations relatives à la meſure du volume des gaz,

les corrections qu'il faut faire à ce volume, relativement à la hauteur du baromètre & au degré du thermomètre; je n'ajouterai rien de plus à cet égard, l'exemple sur-tout que j'ai cité, page 381, étant précisément tiré de la combustion du phosphore.

Le procédé que je viens de décrire peut être employé avec succès pour la combustion de toutes les substances concrètes, & même pour celle des huiles fixes. On brûle ces dernières dans des lampes, & on les allume avec assez de facilité sous la cloche, par le moyen du phosphore, de l'amadoue & d'un fer chaud; mais ce moyen n'est pas sans dangers pour les substances qui sont susceptibles de se vaporiser à un degré de chaleur médiocre, telles que l'éther, l'esprit-de-vin, les huiles essentielles. Ces substances volatiles se dissolvent en assez grande quantité dans le gaz oxygène; quand on allume, il se fait une détonation subite qui enlève la cloche à une grande hauteur & qui la brise en éclats. J'ai éprouvé deux de ces détonations, dont des membres de l'Académie ont pensé, ainsi que moi, être les victimes. Cette manière d'opérer a d'ailleurs un grand inconvénient: elle suffit bien pour déterminer avec quelque exactitude la quantité de gaz oxygène absorbé, & celle d'acide carbonique qui s'est formé; mais

ces produits ne ſont pas les ſeuls qui réſultent de la combuſtion : il ſe forme de l'eau toutes les fois qu'on opère ſur des matières végétales ou animales, parce qu'elles contiennent toutes de l'hydrogène en excès ; or l'appareil que je viens de décrire, ne permet ni de la raſſembler, ni d'en déterminer la quantité. Enfin, même pour l'acide phoſphorique, l'expérience eſt incomplète, puiſqu'il n'eſt pas poſſible de démontrer dans cette manière d'opérer, que le poids de l'acide eſt égal à la ſomme du poids du phoſphore & de celui du gaz oxygène abſorbé. Je me ſuis donc trouvé obligé de varier, ſuivant les cas, les appareils relatifs à la combuſtion, & d'en employer pluſieurs de différentes eſpèces, dont je vais donner ſucceſſivement une idée : je commence par celui deſtiné à la combuſtion du phoſphore.

On prend un grand ballon de verre blanc ou de criſtal A, *pl. IV, fig. 4*, dont l'ouverture EF doit avoir deux pouces & demi à trois pouces de diamètre. Cette ouverture ſe recouvre avec une plaque de cuivre jaune ou laiton uſée à l'émeri, & qui eſt percée de deux trous pour le paſſage des tuyaux *xxx*, *yyy*.

Avant de fermer le ballon avec ſa plaque, on introduit dans ſon intérieur un ſupport BC ſurmonté d'une capſule D de porcelaine, ſur

laquelle on place le phoſphore. On lute enſuite la plaque de cuivre au ballon en EF avec du lut gras qu'on recouvre avec des bandes de linge imbibées de blanc d'œuf & ſaupoudrées de chaux. On laiſſe ſécher pendant pluſieurs jours, puis on pèſe le tout avec une bonne balance. Ces préparatifs achevés, on adapte une pompe pneumatique au tuyau *xxx*, & on fait le vuide dans le ballon; après quoi on introduit du gaz oxygène par le tuyau *yyy*, au moyen du gazomètre repréſenté *planche VIII*, *figure* 1, & dont j'ai donné la deſcription, Chapitre II, §. II. On allume enſuite le phoſphore avec un verre ardent, & on le laiſſe brûler juſqu'à ce que le nuage d'acide phoſphorique concret qui ſe forme arrête la combuſtion. Alors on délute & on pèſe le ballon. Le poids, déduction faite de la tarre, donne celui de l'acide phoſphorique qu'il contient. Il eſt bon, pour plus d'exactitude, d'examiner l'air ou le gaz contenu dans le ballon après la combuſtion, parce qu'il peut être plus ou moins peſant que l'air ordinaire, & qu'il faut tenir compte dans les calculs relatifs à l'expérience, de cette différence de peſanteur.

Les mêmes motifs qui m'ont engagé à conſtruire un appareil particulier pour la combuſtion du phoſphore, m'ont déterminé de pren-

dre le même parti à l'égard du charbon. Cet appareil conſiſte en un petit fourneau conique fait en cuivre battu, repréſenté en perſpective, *plan. XII*, *figure 9*, & vu intérieurement, *figure 11*. On y diſtingue le fourneau proprement dit A B C, où doit ſe faire la combuſtion du charbon, la grille *de* & le cendrier F. Au milieu du fourneau eſt un tuyau G H, par lequel on introduit le charbon & qui ſert en même tems de cheminée pour évacuer l'air qui a ſervi à la combuſtion.

C'eſt par le tuyau *l m n* qui communique avec le gazomètre, qu'eſt amené l'air qui eſt deſtiné à entretenir la combuſtion; cet air ſe répand dans la capacité du cendrier F, & la preſſion qui lui eſt communiquée par le gazomètre, l'oblige à paſſer par la grille *de*, & à ſouffler les charbons qui ſont poſés immédiatement deſſus.

Le gaz oxygène qui entre pour les $\frac{28}{100}$ dans la compoſition de l'air de l'atmoſphère, ſe convertit, comme l'on ſait, en gaz acide carbonique dans la combuſtion du charbon. Le gaz azote au contraire ne change point d'état; il doit donc reſter, après la combuſtion, un mêlange de gaz azote & de gaz acide carbonique. Pour donner iſſue à ce mêlange, on a adapté à la cheminée G H un tuyau *o p* qui s'y viſſe

en G, de manière à ne laiſſer échapper aucune portion d'air. Le mêlange des deux gaz eſt conduit par ce tuyau à des bouteilles remplies de potaſſe en liqueur & bien dépouillée d'acide carbonique, à travers laquelle il bouillonne. Le gaz acide carbonique eſt abſorbé par la potaſſe, & il ne reſte que du gaz azote qu'on reçoit dans un ſecond gazomètre pour en déterminer la quantité.

Une des difficultés que préſente l'uſage de cet appareil, eſt d'allumer le charbon & de commencer la combuſtion : voici le moyen d'y parvenir. Avant d'emplir de charbon le fourneau A B C, on en détermine le poids avec une bonne balance & de manière à être sûr de ne point commettre une erreur de plus d'un ou deux grains ; on introduit enſuite dans la cheminée G H le tuyau R S, *figure* 10, dont le poids doit également avoir été bien déterminé. Ce tuyau eſt creux & ouvert par les deux bouts : ſon extrémité S doit deſcendre juſqu'au fond du fourneau ; elle doit porter ſur la grille *d e* & l'occuper toute entière. Ce n'eſt qu'après que le tuyau R S a été ainſi placé, qu'on introduit le charbon dans le fourneau. On le pèſe alors de nouveau, pour connoître la quantité de charbon qui y a été introduite. Ces opérations préliminaires achevées, on met en place le

fourneau, on visse le tuyau *l m n*, *figure 9*, avec celui qui communique avec le gazomètre; on visse le tuyau *o p* avec celui qui conduit aux bouteilles remplies de potasse: enfin au moment où l'on veut commencer la combustion, on ouvre le robinet du gazomètre, & on jette un petit charbon allumé par l'extrémité R du tuyau R S; ce charbon tombe sur la grille où le courant d'air le maintient allumé. Alors on retire promptement le tuyau R S; on visse à la cheminée le tuyau *o p* destiné à évacuer l'air, & on continue la combustion. Pour être assuré qu'elle est vraiment commencée & que l'opération a réussi, on a ménagé un tuyau *q r s* garni à son extrémité *s* d'un verre mastiqué, à travers lequel on peut voir si le charbon est allumé. J'oubliois d'observer que ce fourneau & ses dépendances sont plongés dans une espèce de baquet allongé T V X Y, *fig. 11*, qui est rempli d'eau & même de glace, afin de diminuer autant que l'on veut la chaleur de la combustion. Cette chaleur au surplus n'est jamais très-vive, parce qu'il ne peut y avoir de combustion qu'en proportion de l'air qui est fourni par le gazomètre, & qu'il n'y a d'ailleurs de charbon qui brûle que celui qui porte immédiatement sur la grille. A mesure qu'une molécule de charbon est consommée, il en retombe une autre en

vertu de l'inclinaiſon des parois du fourneau ; elle ſe préſente au courant d'air qui traverſe la grille *de*, & elle brûle comme la première.

Quant à l'air qui a ſervi à la combuſtion, il traverſe la maſſe de charbon qui n'a pas encore brûlé, & la preſſion exercée par le gazomètre l'oblige de s'échapper par le tuyau *op*, & de traverſer les bouteilles remplies d'alkali.

On voit que dans cette expérience on a toutes les données néceſſaires pour obtenir une analyſe complette de l'air atmoſphérique & du charbon. En effet, on connoît le poids du charbon; on a par le moyen du gazomètre la meſure de la quantité d'air employée à la combuſtion; on peut déterminer la qualité & la quantité de celui qui reſte après la combuſtion; on a le poids de la cendre qui s'eſt raſſemblée dans le cendrier : enfin l'augmentation de poids des bouteilles qui contiennent la potaſſe en liqueur, donne la quantité d'acide carbonique qui s'eſt formé. On peut également connoître avec beaucoup de préciſion, par cette opération, la proportion de carbone & d'oxygène dont cet acide eſt compoſé.

Je rendrai compte dans les Mémoires de l'Académie, de la ſuite d'expériences que j'ai entrepriſes avec cet appareil ſur tous les charbons végétaux & animaux. Il n'eſt pas difficile

de voir qu'avec très-peu de changemens on peut en faire une machine propre à obſerver les principaux phénomènes de la reſpiration.

§. II.

De la Combuſtion des Huiles.

Le charbon, au moins quand il eſt pur, étant une ſubſtance ſimple, l'appareil deſtiné à le brûler ne pouvoit pas être très-compliqué. Tout ſe réduiſoit à lui fournir le gaz oxygène néceſſaire à ſa combuſtion, & à ſéparer enſuite d'avec le gaz azote le gaz acide carbonique qui s'étoit formé. Les huiles ſont plus compoſées que le charbon, puiſqu'elles réſultent de la combinaiſon au moins de deux principes, le carbone & l'hydrogène; il reſte en conſéquence, après qu'on les a brûlées dans l'air commun, de l'eau, du gaz acide carbonique & du gaz azote. L'appareil qu'on emploie pour ce genre d'expériences, doit avoir pour objet de ſéparer & de recueillir ces trois eſpèces de produit.

Je me ſers, pour brûler les huiles, d'un grand bocal A repréſenté *planche XII*, *fig. 4*, & de ſon couvercle, *figure 5*. Ce bocal eſt garni d'une virole de fer B C D E, qui s'applique exactement ſur le bocal en D E, & qui y eſt ſolidement maſtiquée. Cette virole prend un

plus grand diamètre en BC, & laisse entr'elle & les parois du bocal un intervalle ou rigole *xxxx*, qu'on remplit de mercure : le couvercle représenté *fig.* 5, a de son côté en *fg* une virole de fer qui s'ajuste dans la rigole *xxxx* du bocal, & qui plonge dans le mercure. Le bocal A peut par ce moyen se fermer en un instant hermétiquement & sans lut; & comme la rigole peut contenir une hauteur de mercure de deux pouces, on voit qu'on peut faire éprouver à l'air contenu dans le bocal une pression de plus de deux pieds d'eau, sans risquer qu'elle surmonte la résistance du mercure.

Le couvercle, *fig.* 5, est percé de quatre trous destinés au passage d'un égal nombre de tuyaux. L'ouverture T est d'abord garnie d'une boëte à cuir à travers laquelle doit passer la tige représentée *fig.* 3. Cette tige est destinée à remonter ou à descendre la mêche de la lampe, comme je l'expliquerai ci-après ; les trois autres trous *h*, *i*, *k*, sont destinés, savoir, le premier au passage du tuyau qui doit amener l'huile ; le second au passage du tuyau qui doit amener l'air à la lampe pour entretenir la combustion, le troisiéme au passage du tuyau qui doit donner issue à ce même air lorsqu'il a servi à la combustion.

La lampe destinée à brûler l'huile dans le

bocal, eſt repréſentée ſéparément, *fig.* 2 de la même *planche*; on y voit le réſervoir à huile *a* avec une eſpèce d'entonnoir par lequel on le remplit; le ſiphon *b c d e f g h*, qui fournit l'huile à la lampe; le tuyau 7, 8, 9, 10, qui amène l'air du gazomètre à la même lampe.

Le tuyau *bc* eſt taraudé extérieurement dans ſa partie inférieure *b*, & ſe viſſe dans un écrou contenu dans le couvercle du réſervoir A; par ce moyen, en tournant le réſervoir, on peut le faire monter ou deſcendre & amener l'huile à la lampe, au niveau où on le juge à propos.

Quand on veut remplir le ſiphon & établir la communication entre l'huile du réſervoir *a* & celle de la lampe 11, on ferme d'abord le robinet *c*, on ouvre celui *e*, & on verſe de l'huile par l'ouverture *f*, qui eſt au haut du ſiphon. Dès qu'on voit paroître l'huile dans la lampe 11 à un niveau convenable, c'eſt-à-dire à trois ou quatre lignes des bords, on ferme le robinet *k*; on continue à verſer de l'huile par l'ouverture *e*, pour remplir la branche *bcd*. Quand elle eſt remplie, on ferme le robinet *f*, & alors les deux branches du ſiphon étant pleines d'huile ſans interruption, la communication du réſervoir à la lampe eſt établie.

La *figure 1*, *même planche XII*, repréſente

la coupe de la lampe grossie pour rendre les détails plus frappans & plus sensibles. On y voit le tuyau *ik*, qui apporte l'huile; *aaaa*, la capacité qu'occupe la mêche; 9 & 10, le tuyau qui apporte l'air à la lampe: cet air se répand dans la capacité *dddddd*, puis il se distribue par le canal *cccc* & par celui *bbbb*, en-dedans & en-déhors de la mêche, à la manière des lampes d'Argand, Quinquet & Lange.

Pour faire mieux connoître l'ensemble de cet appareil, & pour que sa description même rende plus facile l'intelligence de tous les autres de même genre, je l'ai représenté tout entier en perspective, *planche XI.* On y voit le gazomètre P qui fournit l'air; l'ajutage 1 & 2 par lequel il sort, & qui est garni d'un robinet 1; 2 & 3, un tuyau qui communique de ce premier gazomètre à un second, que l'on emplit pendant que le premier se vuide, afin que l'émission de l'air se fasse sans interruption pendant tout le tems que doit durer l'opération; 4 & 5, un tube de verre garni d'un sel déliquescent en morceaux médiocrement gros, afin que l'air, en se distribuant dans les interstices, y dépose une grande partie de l'eau qu'il tenoit en dissolution. Comme on connoît le poids du tube & celui du sel déliquescent qu'il contient, il

il eſt toujours facile de connoître la quantité d'eau qu'il a abſorbée.

Du tube 4 & 5 que je nommerai tube déliqueſcent, l'air eſt conduit à la lampe 11 par le tube 5, 6, 7, 8, 9, 10. Là il ſe diviſe; une partie vient alimenter la flamme par-dehors, l'autre par-dedans, à la manière des lampes d'Argand, Quinquet & Lange. Cet air, dont une partie a ainſi ſervi à la combuſtion de l'huile, forme avec elle en l'oxygénant du gaz acide carbonique & de l'eau. Une partie de cette eau ſe condenſe ſur les parois du bocal A, une autre partie eſt tenue en diſſolution dans l'air par la chaleur de la combuſtion : mais cet air qui eſt pouſſé par la preſſion qu'il reçoit du gazomètre, eſt obligé de paſſer par le tuyau 12, 13, 14 & 15, d'où il eſt conduit dans la bouteille 16 & dans le ſerpentin 17 & 18, où l'eau achève de ſe condenſer à meſure que l'air ſe refroidit. Enfin ſi quelque peu d'eau reſtoit encore en diſſolution dans l'air, elle ſeroit abſorbée par le ſel déliqueſcent contenu dans le tube 19 & 20.

Toutes les précautions qu'on vient d'indiquer n'ont d'autre objet que de recueillir l'eau qui s'eſt formée, & d'en déterminer la quantité : il reſte enſuite à évaluer l'acide carbonique & le gaz azote. On y parvient au moyen des bou-

teilles 22 & 25, qui ſont à moitié remplies de potaſſe en liqueur & dépouillée d'acide carbonique par la chaux. L'air qui a ſervi à la combuſtion, y eſt conduit par les tuyaux 20, 21, 23 & 24, & il y dépoſe le gaz acide carbonique qu'il contient. On n'a repréſenté dans cette figure, pour la ſimplifier, que deux bouteilles remplies de potaſſe en liqueur; mais il en faut beaucoup davantage, & je ne crois pas qu'on puiſſe en employer moins de neuf. Il eſt bon de mettre dans la dernière de l'eau de chaux, qui eſt le réactif le plus sûr & le plus ſenſible pour reconnoître l'acide carbonique: ſi elle ne ſe trouble pas, on peut être aſſuré qu'il ne reſte pas de gaz acide carbonique dans l'air, du moins en quantité ſenſible.

Il ne faut pas croire que l'air qui a ſervi à la combuſtion, lorſqu'il a traverſé les neuf bouteilles, ne contienne plus que du gaz azote; il eſt encore mêlé d'une aſſez grande quantité de gaz oxigène qui a échappé à la combuſtion. On fait paſſer ce mêlange à travers un ſel déliqueſcent contenu dans le tube de verre 28 & 29, afin de le dépouiller des portions d'eau qu'il auroit pu diſſoudre en traverſant les bouteilles de potaſſe & d'eau de chaux. Enfin on conduit le réſidu d'air à un gazomètre par le tuyau 29 & 30: on en détermine la

quantité; on en prend des échantillons qu'on essaye par le sulfure de potasse, afin de savoir la proportion de gaz oxygène & de gaz azote qu'il contient.

On sait que dans la combustion des huiles, la mêche se charbonne au bout d'un certain tems, & qu'elle s'obstrue. Il y a d'ailleurs une longueur déterminée de mêche qu'il faut atteindre, mais qu'il ne faut pas outre-passer, sans quoi il monte par les tuyaux capillaires de la mêche plus d'huile que le courant d'air n'en peut consommer, & la lampe fume. Il étoit donc nécessaire qu'on pût allonger ou raccourcir la mêche de dehors & sans ouvrir l'appareil: c'est à quoi on est parvenu, au moyen de la tige 31, 32, 33 & 34, qui passe à travers une boëte à cuir & qui répond au porte-mêche. On a donné à cette tige un mouvement très-doux, au moyen d'un pignon qui engraine dans une crémaillère. On voit cette tige & ses accessoires représentés séparément, *pl. XII, fig. 3.*

Il m'a semblé encore qu'en enveloppant la flamme de la lampe avec un petit bocal de verre ouvert par les deux bouts, la combustion en alloit mieux. Ce bocal est en place dans la *planche XI.*

Je n'entrerai pas dans de plus grands détails

ſur la conſtruction de cet appareil, qui eſt ſuſceptible d'être changé & modifié de différentes manières. Je me contenterai d'ajouter que, lorſqu'on veut opérer, on commence par peſer la lampe avec ſon réſervoir & l'huile qu'elle contient; qu'on la met en place; qu'on l'allume; qu'après avoir donné de l'air en ouvrant le robinet du gazomètre, on place le bocal A; qu'on l'aſſujétit au moyen d'une petite planche B C, ſur laquelle il repoſe, & de deux tiges de fer qui la traverſent & qui ſe viſſent au couvercle. Il y a de cette manière un peu d'huile brûlée pendant qu'on ajuſte le bocal au couvercle & l'on en perd le produit; il y a également une petite portion d'air qui s'échappe du gazomètre & qu'on ne peut recueillir; mais ces quantités ſont peu conſidérables dans des expériences en grand; elles ſont d'ailleurs ſuſceptibles d'être évaluées.

Je rendrai compte dans les Mémoires de l'Académie, des difficultés particulières attachées à ce genre d'expériences, & des moyens de les lever. Ces difficultés ſont telles, qu'il ne m'a pas encore été poſſible d'obtenir des réſultats rigoureuſement exacts pour les quantités. J'ai bien la preuve que les huiles fixes ſe réſolvent entièrement en eau & en gaz acide carbonique, qu'elles ſont compoſées d'hydrogène & de carbone;

mais je n'ai rien d'abſolument certain ſur les proportions.

§. III.

De la Combuſtion de l'Eſprit-de-vin ou Alkool.

La combuſtion de l'alkool peut à la rigueur ſe faire dans l'appareil qui a été décrit ci-deſſus pour la combuſtion du charbon & pour celle du phoſphore. On place ſous une cloche A, *planche IV*, *fig. 3*, une lampe remplie d'alkool ; on attache à la mêche un atôme de phoſphore, & on allume avec un fer recourbé qu'on paſſe par-deſſous la cloche : mais cette manière d'opérer eſt ſuſceptible de beaucoup d'inconvéniens. Il ſeroit d'abord imprudent d'employer du gaz oxygène, par la crainte de la détonation : on n'eſt pas même entièrement exempt de ce riſque, lorſque l'on emploie de l'air atmoſphérique, & j'en ai fait, en préſence de quelques membres de l'Académie, une épreuve qui a penſé leur devenir funeſte ainſi qu'à moi. Au lieu de préparer l'expérience comme j'étois dans l'habitude de le faire, au moment même où je devois opérer, je l'avois diſpoſée dès la veille. L'air atmoſphérique contenu dans la cloche, avoit eu en conſéquence le tems de diſſoudre de l'alkool ; la vaporiſation de l'alkool

avoit même été favorisée par la hauteur de la colonne de mercure que j'avois élevée en EF, *planche IV*, *fig.* 3. En conséquence, au moment où je voulus allumer le petit morceau de phosphore & la lampe avec le fer rouge, il se fit une détonation violente qui enleva la cloche & qui la brisa en mille pièces contre le plancher du laboratoire. Il résulte de l'impossibilité où l'on est d'opérer dans du gaz oxygène, qu'on ne peut brûler par ce moyen que de très-petites quantités d'alkool, de 10 à 12 grains par exemple, & les erreurs qu'on peut commettre sur d'aussi petites quantités, ne permettent de prendre aucune confiance dans les résultats. J'ai essayé dans les expériences dont j'ai rendu compte à l'Académie (*Voy. Mém. Acad. année* 1784, *pag.* 593) de prolonger la durée de la combustion, en allumant la lampe d'alkool dans l'air ordinaire, & en refournissant ensuite du gaz oxygène sous la cloche à mesure qu'il s'en étoit consommé; mais le gaz acide carbonique qui se forme met obstacle à la combustion, d'autant plus que l'alkool est peu combustible & qu'il brûle difficilement dans de l'air moins bon que l'air commun; on ne peut donc encore brûler de cette manière que de très-petites quantités d'alkool.

Peut-être cette combustion réussiroit-elle

dans l'appareil repréſenté *planche XI*; mais je n'ai pas oſé l'y tenter. Le bocal A où ſe fait la combuſtion, a environ 1400 pouces cubiques de capacité; & s'il ſe faiſoit une détonation dans un auſſi grand vaiſſeau, elle auroit des ſuites terribles dont il ſeroit difficile de ſe garantir. Je ne renonce pas cependant à la tenter.

C'eſt par une ſuite de ces difficultés que je me ſuis borné juſqu'ici à des expériences très en petit ſur l'alkool, ou bien à des combuſtions faites dans des vaiſſeaux ouverts, comme dans l'appareil repréſenté *pl. IX*, *fig. 5*, dont je donnerai la deſcription dans le §. 5 de ce Chapitre.

Je reprendrai dans d'autres tems la ſuite de ce travail, ſi du moins je puis parvenir à lever les obſtacles qu'il m'a préſentés juſqu'ici.

§. IV.

De la Combuſtion de l'Ether.

La combuſtion de l'éther en vaiſſeaux clos, ne comporte pas précisément les mêmes difficultés que celle de l'alkool; mais elle en préſente d'un autre genre qui ne ſont pas moins difficiles à vaincre, & qui m'arrêtent encore dans ce moment.

J'avois cru pouvoir profiter, pour opérer

cette combustion, de la propriété qu'a l'éther de se dissoudre dans l'air de l'atmosphère, & de le rendre inflammable sans détonation. J'ai fait construire, d'après cette idée, un réservoir à éther *a b c d*, *pl. XII*, *fig.* 8, auquel l'air du gazomètre est amené par un tuyau 1, 2, 3, 4. Cet air se répand d'abord dans un double fond pratiqué à la partie supérieure *a c* du réservoir. Là il se distribue par sept tuyaux descendans *e f*, *g h*, *i k*, *&c.* & la pression qu'il reçoit de la part du gazomètre, l'oblige de bouillonner à travers l'éther contenu dans le vase *a b c d.*

On peut, à mesure que l'éther est ainsi dissous & emporté par l'air, en rendre au réservoir *a b c d*, au moyen d'un réservoir supplémentaire E, porté par un tuyau de cuivre *o p*, de 15 à 18 pouces de haut, & qui se ferme au moyen d'un robinet. J'ai été obligé de donner une assez grande hauteur à ce tuyau, afin que l'éther qui est contenu dans le flacon E puisse vaincre la résistance occasionnée par la pression exercée par le gazomètre.

L'air ainsi chargé de vapeurs d'éther est repris par le tuyau 5, 6, 7, 8, 9, & conduit dans le bocal A où il s'échappe par un ajutoir très-fin à l'extrémité duquel on l'allume. Ce même air, après avoir servi à la combustion, passe par la bouteille 16, *planche XI*, par le ser-

pentin 17 & 18, & par le tube déliquefcent où il dépofe l'eau dont il s'étoit chargé; le gaz acide carbonique eft enfuite abforbé par l'alkali contenu dans les bouteilles 22 & 25.

Je fuppofois, lorfque j'ai fait conftruire cet appareil, que la combinaifon d'air atmofphérique & d'éther qui s'opère dans le réfervoir *abcd*, *planc. XII*, *figure 8*, étoit dans la jufte proportion qui convient à la combuftion, & c'eft en quoi j'étois dans l'erreur: il y a un excès d'éther très-confidérable, & il faut en conféquence une nouvelle combinaifon d'air atmofphérique pour opérer la combuftion totale. Il en réfulte qu'une lampe conftruite de cette manière brûle dans l'air ordinaire qui fournit la quantité d'oxygène manquante pour la combuftion; mais qu'elle ne peut brûler dans des vaiffeaux où l'air ne fe renouvelle pas. Auffi la lampe s'éteignoit-elle peu de tems après qu'elle étoit enfermée dans le bocal A, *planche XII*, *figure 8*. Pour remédier à cet inconvénient, j'ai effayé d'amener à cette lampe de l'air atmofphérique par un tuyau latéral 9, 10, 11, 12, 13, 14 & 15; & je l'ai diftribué circulairement autour de la mêche: mais quelque léger que fût le courant d'air, la flamme étoit fi mobile, elle tenoit fi peu à la mêche, qu'il fuffifoit pour la fouffler; en forte que je

n'ai point encore pu réussir à la combustion de l'éther. Je ne désespère cependant pas d'y parvenir, au moyen de quelques changemens que je fais faire à cet appareil.

§. V.

De la Combustion du Gaz hydrogène, & de la Formation de l'Eau.

La formation de l'eau a cela de particulier, que les deux substances qui y concourent, l'oxygène & l'hydrogène, sont l'une & l'autre dans l'état aériforme avant la combustion, & que l'une & l'autre se transforment par le résultat de cette opération, en une substance liquide qui est l'eau.

Cette combustion seroit donc fort simple & n'exigeroit pas des appareils fort compliqués, s'il étoit possible de se procurer des gaz oxygène & hydrogène parfaitement purs & qui fussent combustibles sans reste. On pourroit alors opérer dans de très-petits vaisseaux; & en y refournissant continuellement les deux gaz dans la proportion convenable, on continueroit indéfiniment la combustion. Mais jusqu'ici les Chimistes n'ont encore employé que du gaz oxygène mélangé de gaz azote. Il en a résulté qu'ils n'ont pu entretenir que pendant un tems limité & très-court la combustion du gaz hydro-

gène dans des vaiſſeaux clos : & en effet, le réſidu de gaz azote augmentant continuellement, la flamme s'affoiblit & elle finit par s'éteindre. Cet inconvénient eſt d'autant plus grand, que le gaz oxygène qu'on emploie eſt moins pur : il faut alors, ou ceſſer la combuſtion & ſe réſoudre à n'opérer que ſur de petites quantités, ou refaire le vuide pour ſe débarraſſer du gaz azote : mais dans ce dernier cas on vaporiſe une portion de l'eau qui s'eſt formée, & il en réſulte une erreur d'autant plus dangereuſe, qu'on n'a pas de moyen sûr de l'apprécier.

Ces réflexions me font deſirer de pouvoir répéter un jour les principales expériences de la Chimie pneumatique avec du gaz oxygène abſolument exempt de mêlange de gaz azote, & le ſel muriatique oxygéné de potaſſe en fournit les moyens. Le gaz oxygène qu'on en retire ne paroît contenir de l'azote qu'accidentellement ; en ſorte qu'avec des précautions on pourra l'obtenir parfaitement pur. En attendant que j'aye pu reprendre cette ſuite d'expériences, voici l'appareil que nous avons employé, M. Meuſnier & moi, pour la combuſtion du gaz hydrogène. Il n'y aura rien à y changer, lorſqu'on aura pu ſe procurer des gaz purs, ſi ce n'eſt qu'on pourra diminuer la capacité du vaſe où ſe fait la combuſtion.

J'ai pris un matras ou ballon à large ouverture A, *pl. IV*, *fig. 5*, & j'y ai adapté une platine B C, à laquelle étoit soudée une douille creuse de cuivre *g* F D, fermée par le haut & à laquelle venoient aboutir trois tuyaux. Le premier *d* D *d'* se terminoit en *d'* par une ouverture très-petite & à peine capable de laisser passer une aiguille fine; il communiquoit avec le gazomètre représenté *pl. VIII fig. 1*, lequel étoit rempli de gaz hydrogène. Le tuyau opposé *gg* communiquoit avec un autre gazomètre tout semblable, qui étoit rempli de gaz oxygène: un troisième tuyau H *h* s'adaptoit à une machine pneumatique, pour qu'on pût faire le vuide dans le ballon A. Enfin la platine B C étoit en outre percée d'un trou garni d'un tube de verre à travers lequel passoit un fil de métal *g* L, à l'extrémité duquel étoit adaptée une petite boule L de cuivre, afin qu'on pût tirer une étincelle électrique de L en *d'*, & allumer ainsi le gaz hydrogène amené par le tuyau *d* D *d'*.

Pour que les deux gaz arrivassent aussi secs qu'il étoit possible, on avoit rempli deux tubes M M, N N, d'un pouce & demi de diamètre environ, & d'un pied de longueur, avec de la potasse concrète bien dépouillée d'acide carbonique & concassée en morceaux assez gros pour que les gaz pussent passer librement

entre les interstices. J'ai éprouvé depuis que du nitrate ou du muriate de chaux bien secs & en poudre grossière, étoient préférables à la potasse, & qu'ils enlevoient plus d'eau à une quantité donnée d'air.

Pour opérer avec cet appareil, on commence par faire le vuide dans le ballon A, au moyen de la pompe pneumatique adaptée au tuyau FH*h*; après quoi on y introduit du gaz oxygène, en tournant le robinet *r* du tube *gg*. Le degré du limbe du gazomètre observé avant & après l'introduction du gaz, indique la quantité qui en est entrée dans le ballon. On ouvre ensuite le robinet *s* du tube *d* D *d'*, afin de faire arriver le gaz hydrogène; & aussitôt, soit avec une machine électrique, soit avec une bouteille de Leyde, on fait passer une étincelle de la boule L à l'extrémité *d'* du tube par lequel se fait l'écoulement du gaz hydrogène, & il s'allume aussitôt. Il faut, pour que la combustion ne soit ni trop lente ni trop rapide, que le gaz hydrogène arrive avec une pression d'un pouce & demi à deux pouces d'eau, & que le gaz oxygène n'arrive au contraire qu'avec trois lignes au plus de pression.

La combustion ainsi commencée, elle se continue; mais en s'affoiblissant à mesure que la quantité de gaz azote qui reste de la combustion

des deux gaz augmente. Il arrive enfin un moment où la portion de gaz azote devient telle, que la combuſtion ne peut plus avoir lieu, & alors la flamme s'éteint. Il faut faire en ſorte de prévenir cette extinction ſpontanée; parce qu'au moyen de ce qu'il y a preſſion plus forte dans le réſervoir de gaz hydrogène que dans celui de gaz oxygène, il ſe feroit un mêlange des deux dans le ballon, & que ce mêlange paſſeroit enſuite dans le réſervoir de gaz oxygène. Il faut donc arrêter la combuſtion en fermant le robinet du tuyau *d* D *d'*, dès qu'on s'apperçoit que la flamme s'affoiblit à un certain point, & avoir une grande attention pour ne point ſe laiſſer ſurprendre.

A une première combuſtion ainſi faite on peut en faire ſuccéder une ſeconde, une troiſième, &c. On refait alors le vuide comme la première fois; on remplit le ballon de gaz oxygène, on ouvre le robinet du tuyau par lequel s'introduit le gaz hydrogène, & on allume par l'étincelle électrique.

Pendant toutes ces opérations, l'eau qui ſe forme, ſe condenſe ſur les parois du ballon & ruiſſelle de toutes parts: elle ſe raſſemble au fond, & il eſt aiſé d'en déterminer le poids quand on connoît celui du ballon. Nous rendrons compte un jour, M. Meuſnier & moi,

des détails de l'expérience que nous avons faite avec cet appareil, dans les mois de janvier & de février 1785, en présence d'une grande partie des membres de l'Académie. Nous avons tellement multiplié les précautions, que nous avons lieu de la croire exacte. D'après le résultat que nous avons obtenu, 100 parties d'eau en poids sont composées de 85 d'oxygène & de 15 d'hydrogène.

Il est encore un autre appareil pour la combustion, avec lequel on ne peut pas faire des expériences aussi exactes qu'avec les précédens, mais qui présente un résultat très-frappant & très-propre à être présenté dans un cours de Physique & de Chimie. Il consiste dans un serpentin EF, *planche IX, figure 5*, renfermé dans un seau de métal ABCD. A la partie supérieure E du tuyau de ce serpentin, on adapte une cheminée GH composée d'un double tuyau; savoir, de la continuation du serpentin & d'un tuyau de fer-blanc qui l'environne. Ces deux tuyaux laissent entr'eux un intervalle d'un pouce environ, qu'on remplit avec du sable.

A l'extrémité inférieure du tuyau intérieur K, s'adapte un tube de verre, & au-dessous une lampe à esprit-de-vin LM, à la Quinquet.

Les choses ainsi préparées, & la quantité d'alkool contenue dans la lampe ayant été bien

déterminée, on allume. L'eau qui se forme pendant la combustion de l'alkool, s'élève par le tube K E; elle se condense dans le serpentin contenu dans le seau A B C D, & va ressortir en état d'eau par l'extrémité F du tube où elle est reçue dans une bouteille P.

La double enveloppe G H est destinée à empêcher que le tube ne se refroidisse dans sa partie montante, & que l'eau ne s'y condense. Elle redescendroit le long du tube, sans qu'on pût en déterminer la quantité; il pourroit d'ailleurs en retomber sur la mêche des gouttes, qui ne manqueroient pas de l'éteindre. L'objet de cet appareil est donc d'entretenir toujours chaude toute la partie G H que j'appelle la cheminée, & toujours froide au contraire la partie qui forme le serpentin proprement dit; en sorte que l'eau soit toujours dans l'état de vapeurs dans la partie montante, & qu'elle se condense sitôt qu'elle est engagée dans la partie descendante. Cet appareil a été imaginé par M. Meusnier: j'en ai donné la description dans les Mémoires de l'Académie, année 1784, page 593 & 594. On peut, en opérant avec précaution, c'est-à-dire en entretenant l'eau qui environne le serpentin, toujours froide, retirer près de 17 onces d'eau de la combustion de 16 onces d'esprit-de-vin ou alkool.

§. VI.

De l'Oxidation des Métaux.

On désigne principalement par le nom de calcination ou oxidation, une opération dans laquelle les métaux exposés à un certain degré de chaleur se convertissent en oxides, en absorbant l'oxygène de l'air. Cette combinaison se fait en raison de ce que l'oxygène a plus d'affinité, du moins à un certain degré de température, avec les métaux, qu'il n'en a avec le calorique. En conséquence le calorique devient libre & se dégage : mais comme l'opération, lorsqu'elle se fait dans l'air commun, est successive & lente, le dégagement du calorique est peu sensible. Il n'en est pas de même, lorsque la calcination s'opère dans le gaz oxygène; elle se fait alors d'une manière beaucoup plus rapide, elle est souvent accompagnée de chaleur & de lumière; en sorte qu'on ne peut douter que les substances métalliques ne soient de véritables corps combustibles.

Les métaux n'ont pas tous le même degré d'affinité pour l'oxygène. L'or & l'argent, par exemple, & même le platine ne peuvent l'enlever au calorique, à quelque degré de chaleur que ce soit. Quant aux autres métaux, ils s'en

chargent d'une quantité plus ou moins grande, &, en général, ils en absorbent jusqu'à ce que ce principe soit en équilibre entre la force du calorique qui le retient, & celle du métal qui l'attire. Cet équilibre est une loi générale de la nature dans toutes les combinaisons.

Dans les opérations de docimasie & dans toutes celles relatives aux arts, on accélère l'oxidation du métal en donnant un libre accès à l'air extérieur. Quelquefois même on y joint l'action d'un soufflet dont le courant est dirigé sur la surface du métal. L'opération est encore plus rapide, si on souffle du gaz oxygène; ce qui est très-facile à l'aide du gazomètre dont j'ai donné la description. (*Voyez* page 346.) Alors le métal brûle avec flamme, & l'oxidation est terminée en quelques instans: mais on ne peut employer ce dernier moyen que pour des expériences très en petit, à cause de la cherté du gaz oxygène.

Dans l'essai des mines & en général dans toutes les opérations courantes des laboratoires, on est dans l'usage de calciner ou oxider les métaux sur un plat ou soucoupe de terre cuite, *pl. IV, fig. 6*, qu'on place sur un bon fourneau: on nomme ces plats ou soucoupes *têts à rôtir*. De tems en tems on remue la matière qu'on veut calciner, afin de renouveller les surfaces.

Toutes les fois qu'on opère sur une substance métallique qui n'est pas volatile, & qu'il ne se dissipe rien pendant l'opération, il y a augmentation de poids du métal. Mais des expériences faites ainsi en plein air, n'auroient jamais conduit à reconnoître la cause de l'augmentation du poids des métaux pendant leur oxidation. Ce n'est que du moment où l'on a commencé à opérer dans des vaisseaux fermés & dans des quantités déterminées d'air, qu'on a été véritablement sur la voie de la découverte des causes de ce phénomène. Un premier moyen qu'on doit à M. Priestley, consiste à exposer le métal qu'on se propose de calciner, sur une capsule N de porcelaine, *planc. IV*, *fig. 11*, placée sur un support un peu élevé I K; à le recouvrir avec une cloche de cristal A plongée dans un bassin plein d'eau B C D E, & à élever l'eau jusqu'en G H, en suçant l'air de la cloche avec un siphon qu'on passe par-dessous: on fait ensuite tomber sur le métal le foyer d'un verre ardent. En quelques minutes l'oxidation s'opère; une partie de l'oxygène contenu dans l'air se combine avec le métal; il y a une diminution proportionnée dans le volume de l'air, & ce qui reste n'est plus que du gaz azote, encore mêlé cependant d'une petite quantité de gaz oxygène. J'ai exposé le détail des expé-

riences que j'ai faites avec cet appareil dans mes opuscules physiques & chimiques, imprimées en 1773, pages 283, 284, 285 & 286. On peut substituer le mercure à l'eau, & l'expérience n'en est que plus concluante.

Un autre procédé dont j'ai exposé le résultat dans les Mémoires de l'Académie, année 1774, page 351, & dont la première idée appartient à Boyle, consiste à introduire le métal sur lequel on veut opérer dans une cornue A, *pl. III, fig.* 20, dont on tire à la lampe l'extrémité du col, & qu'on ferme hermétiquement en C. On oxide ensuite le métal, en tenant la cornue sur un feu de charbon, & en la chauffant avec précaution. Le poids du vaisseau & des matières qu'il contient, ne change pas tant qu'on n'a pas rompu l'extrémité C du bec de la cornue; mais sitôt qu'on procure à l'air extérieur une issue pour rentrer, il le fait avec sifflement.

Cette opération ne seroit pas sans quelque danger, si on scelloit hermétiquement la cornue sans avoir fait sortir auparavant une portion de l'air qu'elle contenoit; la dilatation occasionnée par la chaleur pourroit faire éclater le vaisseau, avec risque pour ceux qui le tiendroient ou qui seroient dans le voisinage. Pour prévenir ce danger, on doit faire chauffer la cornue avant de la sceller à la lampe & en faire sortir une

portion d'air qu'on reçoit ſous une cloche dans l'appareil pneumato-chimique, afin de pouvoir en déterminer la quantité.

Je n'ai point multiplié, autant que je l'aurois deſiré, ces oxidations, & je n'ai obtenu de réſultats ſatisfaiſans qu'avec l'étain : le plomb ne m'a pas bien réuſſi. Il ſeroit à ſouhaiter que quelqu'un voulût bien reprendre ce travail & tenter l'oxidation dans différens gaz; il ſeroit, je crois, bien dédommagé des peines attachées à ce genre d'expériences.

Tous les oxides de mercure étant ſuſceptibles de ſe revivifier ſans addition, & de reſtituer dans ſon état de pureté l'oxygène qu'ils ont abſorbé, aucun métal n'étoit plus propre à devenir le ſujet d'expériences très-concluantes ſur la calcination & l'oxidation des métaux. J'avois d'abord tenté, pour opérer l'oxidation du mercure dans les vaiſſeaux fermés, de remplir une cornue de gaz oxygène, d'y introduire une petite portion de mercure & d'adapter à ſon col une veſſie à moitié remplie de gaz oxygène, comme on le voit repréſenté *planche IV*, *fig. 12*. Je faiſois enſuite chauffer le mercure de la cornue; & en continuant très-long-tems l'opération, j'étois parvenu à en oxider une petite portion, & à former de l'oxide rouge qui nageoit à la ſurface : mais la quantité de

mercure que je ſuis parvenu à oxider de cette manière, étoit ſi petite, que la moindre erreur commiſe dans la détermination des quantités de gaz oxygène avant & après l'oxidation, auroit jetté la plus grande incertitude ſur mes réſultats. J'étois toujours inquiet d'ailleurs, & non ſans de juſtes raiſons, qu'il ne ſe fût échappé de l'air à travers des pores de la veſſie, d'autant plus qu'elle ſe racornit pendant l'opération par la chaleur du fourneau dans lequel on opère, à moins qu'on ne la recouvre de linges entretenus toujours humides.

On opère d'une manière plus sûre avec l'appareil repréſenté *planc. IV*, *figure 2.* (*Voyez* Mém. Acad. année 1775, page 580.) Il conſiſte en une cornue A, au bec de laquelle on ſoude à la lampe d'émailleur un tuyau de verre recourbé BCDE, de 10 à 12 lignes de diamètre, qui s'engage ſous une cloche F G contenue & retournée dans un baſſin plein d'eau ou de mercure. Cette cornue eſt ſoutenue ſur les barres d'un fourneau MMNN : on peut auſſi ſe ſervir d'un bain de ſable. On parvient avec cet appareil à oxider en pluſieurs jours un peu de mercure dans l'air ordinaire, & à obtenir un peu d'oxide rouge qui nage à la ſurface : on peut même le raſſembler, le revivifier & comparer les quantités de gaz obtenu avec l'abſorp-

tion qui a eu lieu pendant la calcination ; (*voyez* page 35 les détails que j'ai donnés ſur cette expérience) mais ce genre d'opérations ne pouvant ſe faire que très en petit, il reſte toujours de l'incertitude ſur les quantités.

La combuſtion du fer dans le gaz oxygène étant une véritable oxidation, je dois en faire mention ici. L'appareil qu'emploie M. Ingen-Houſz pour cette opération, eſt repréſenté *pl. IV*, *fig.* 17. J'en ai déjà donné la deſcription, page 41, & je ne puis qu'y renvoyer.

On peut auſſi brûler & oxider du fer ſous des cloches de verre remplies de gaz oxygène, de la même manière qu'on brûle du phoſphore ou du charbon. On ſe ſert également pour cette opération de l'appareil repréſenté *planche IV*, *fig.* 3, & dont j'ai donné la deſcription, p. 61. Il faut dans cette expérience, comme dans la combuſtion, attacher à l'une des extrémités du fil de fer, ou des copeaux de fer qu'on ſe propoſe de brûler, un petit morceau d'amadoue & un atôme de phoſphore : le fer chaud qu'on paſſe ſous la cloche allume le phoſphore ; celui-ci allume l'amadoue, & l'inflammation ſe communique au fer. M. Ingen-Houſz nous a appris qu'on pouvoit brûler ou oxider de la même manière tous les métaux, à l'exception de l'or, de l'argent & du mercure. Il ne s'agit que de

ſe procurer ces métaux en fils très-fins ou en feuilles minces coupées par bandes ; on les tortille avec du fil de fer, & ce dernier métal communique aux autres la propriété de s'enflammer & de s'oxider.

Nous venons de voir comment on parvenoit à oxider de très-petites quantités de mercure dans les vaiſſeaux fermés & dans des volumes d'air limités : ce n'eſt de même qu'avec beaucoup de peine qu'on parvient à oxider ce métal, même à l'air libre. On ſe ſert ordinairement dans les laboratoires pour cette opération d'un matras A, *planche IV*, *fig.* 10, à cul très-plat, qui a un col BC très-allongé & terminé par une très-petite ouverture : ce vaiſſeau porte le nom d'*enfer de Boyle*. On y introduit aſſez de mercure pour couvrir ſon fond, & on le place ſur un bain de ſable qu'on entretient à un degré de chaleur fort approchant du mercure bouillant. En continuant ainſi pendant pluſieurs mois, avec cinq ou ſix de ces matras, & en renouvellant de tems en tems le mercure, on parvient à obtenir quelques onces de cet oxide.

Cet appareil a un grand inconvénient, c'eſt que l'air ne s'y renouvelle pas aſſez ; mais, d'un autre côté, ſi on donnoit à l'air extérieur une circulation trop libre, il emporteroit avec lui

du mercure en diſſolution, & au bout de quelques jours on n'en retrouveroit plus dans le vaiſſeau. Comme de toutes les expériences que l'on peut faire ſur l'oxidation des métaux, celles ſur le mercure ſont les plus concluantes, il ſeroit à ſouhaiter qu'on pût imaginer un appareil ſimple au moyen duquel on pût démontrer cette oxidation & les réſultats qu'on en obtient dans les cours publics. On y parviendroit, ce me ſemble, par des moyens analogues à ceux que j'ai décrits pour la combuſtion des huiles ou du charbon ; mais je n'ai pu reprendre encore ce genre d'expériences.

L'oxide de mercure ſe revivifie, comme je l'ai dit, ſans addition ; il ſuffit de le faire chauffer à un degré de chaleur légèrement rouge. L'oxygène à ce degré a plus d'affinité avec le calorique qu'avec le mercure, & il ſe forme du gaz oxygène ; mais ce gaz eſt toujours mêlé d'un peu de gaz azote, ce qui indique que le mercure en abſorbe une petite portion pendant ſon oxidation. Il contient auſſi preſque toujours un peu de gaz acide carbonique ; ce qu'on doit ſans doute attribuer aux ordures qui s'y mêlent, qui ſe charbonnent & qui convertiſſent enſuite une portion de gaz oxygène en gaz acide carbonique.

Si les Chimiſtes étoient réduits à tirer de

l'oxide de mercure fait par voie de calcination, tout le gaz oxygène qu'ils emploient dans leurs expériences, le prix excessif de cette préparation rendroit absolument impraticables les expériences un peu en grand. Mais on peut également oxygéner le mercure par l'acide nitrique, & on obtient un oxide rouge plus pur que celui même qui a été fait par voie de calcination. On le trouve tout préparé dans le commerce & à un prix modéré : il faut choisir de préférence celui qui est en morceaux solides & formé de lames douces au toucher & qui tiennent ensemble. Celui qui est en poudre est quelquefois mêlangé d'oxide rouge de plomb : il ne paroît pas que celui en morceaux solides soit susceptible de la même altération. J'ai quelquefois essayé de préparer moi-même cet oxide par l'acide nitrique : la dissolution du métal faite, j'évaporois jusqu'à siccité, & je calcinois le sel, ou dans des cornues, ou dans des capsules faites avec des fragmens de matras coupés par la méthode que j'ai indiquée ; mais jamais je n'ai pu parvenir à l'avoir aussi beau que celui du commerce. On le tire, je crois, de Hollande.

Pour obtenir le gaz oxygène de l'oxide de mercure, j'ai coutume de me servir d'une cornue de porcelaine à laquelle j'adapte un long

tube de verre qui s'engage ſous des cloches dans l'appareil pneumato-chimique à l'eau. Je place au bout du tube un vaſe plongé dans l'eau, dans lequel ſe raſſemble le mercure à meſure qu'il ſe revivifie. Le gaz oxygène ne commence à paſſer que quand la cornue devient rouge. C'eſt un principe général que M. Berthollet a bien établi, qu'une chaleur obſcure ne ſuffit pas pour former du gaz oxygène ; il faut de la lumière : ce qui ſemble prouver que la lumière eſt un de ſes principes conſtituans. On doit dans la revivification de l'oxide rouge de mercure rejeter les premières portions de gaz qu'on obtient, parce qu'elles ſont mêlées d'air commun en raiſon de celui contenu dans le vuide des vaiſſeaux : mais avec cette précaution même, on ne parvient pas à obtenir du gaz oxygène parfaitement pur ; il contient communément un dixième de gaz azote, & preſque toujours une très-petite portion de gaz acide carbonique. On ſe débarraſſe de ce dernier, au moyen d'une liqueur alkaline cauſtique à travers laquelle on fait paſſer le gaz qu'on a obtenu. A l'égard du gaz azote, on ne connoît aucun moyen de l'en ſéparer ; mais on peut en connoître la quantité, en laiſſant le gaz oxygène pendant une quinzaine de jours en contact avec du ſulfure de ſoude ou de potaſſe.

Le gaz oxygène eſt abſorbé ; il forme de l'acide ſulfurique avec le ſoufre, & il ne reſte que le gaz azote ſeul.

Il y a beaucoup d'autres moyens de ſe procurer du gaz oxygène : on peut le tirer de l'oxide noir de manganèſe ou du nitrate de potaſſe par une chaleur rouge, & l'appareil qu'on emploie eſt à peu près le même que celui que j'ai décrit pour l'oxide rouge de mercure. Il faut ſeulement un degré de chaleur plus fort & au moins égal à celui qui eſt ſuſceptible de ramollir le verre : on ne peut en conſéquence employer que des cornues de grès ou de porcelaine. Mais le meilleur de tous, c'eſt-à-dire le plus pur, eſt celui qu'on dégage du muriate oxygéné de potaſſe par la ſimple chaleur. Cette opération peut ſe faire dans une cornue de verre, & le gaz qu'on obtient eſt abſolument pur, pourvû toutefois que l'on rejette les premières portions qui ſont mêlées d'air des vaiſſeaux.

§. VII.

De la Détonation.

J'ai fait voir, Chapitre IX, page 103 & ſuiv. que l'oxygène, en ſe combinant dans les différens corps, ne ſe dépouilloit pas toujours de tout le calorique qui le conſtituoit dans l'état

de gaz; qu'il entroit, par exemple, avec presque tout son calorique dans la combinaison qui forme l'acide nitrique & dans celle qui forme l'acide muriatique oxygéné; en sorte que l'oxygène dans le nitre & sur-tout dans le muriate oxygéné, étoit jusqu'à un certain point dans l'état de gaz oxygène condensé & réduit au plus petit volume qu'il puisse occuper.

Le calorique dans ces combinaisons exerce un effort continuel sur l'oxygène, pour le ramener à l'état de gaz: l'oxigène en conséquence y tient peu; la moindre force suffit pour lui rendre la liberté, & il reparoît souvent dans un instant presque indivisible dans l'état de gaz. C'est ce passage brusque de l'état concret à l'état aériforme qu'on a nommé détonation, parce qu'en effet il est ordinairement accompagné de bruit & de fracas. Le plus communément ces détonations s'opèrent par la combinaison du charbon, soit avec le nitre, soit avec le muriate oxygéné. Quelquefois pour faciliter encore l'inflammation, on y ajoute du soufre; & c'est ce mêlange fait dans de justes proportions & avec des manipulations convenables, qui constitue la poudre à canon.

L'oxygène par la détonation avec le charbon change de nature, & il se convertit en acide carbonique. Ce n'est donc pas du gaz oxygène

qui ſe dégage, mais du gaz acide carbonique, du moins quand le mêlange a été fait dans de juſtes proportions. Il ſe dégage en outre du gaz azote dans la détonation du nitre, parce que l'azote eſt un des principes conſtituans de l'acide nitrique.

Mais l'expanſion ſubite & inſtantanée de ces gaz ne ſuffit pas pour expliquer tous les phénomènes relatifs à la détonation. Si cette cauſe y influoit ſeule, la poudre ſeroit d'autant plus forte que la quantité de gaz dégagé dans un tems donné ſeroit plus conſidérable; ce qui ne s'accorde pas toujours avec l'expérience. J'ai eu occaſion d'éprouver des eſpèces de poudre à tirer qui produiſoient un effet preſque double de la poudre ordinaire, quoiqu'elles donnaſſent un ſixième de gaz de moins par la détonation. Il y a apparence que la quantité de calorique qui ſe dégage au moment de la détonation, contribue beaucoup à en augmenter l'effet, & on peut en concevoir pluſieurs raiſons. Premièrement, quoique le calorique pénètre aſſez librement à travers les pores de tous les corps, il ne peut cependant y paſſer que ſucceſſivement & en un tems donné: lors donc que la quantité qui ſe dégage à la fois eſt trop conſidérable, & qu'elle eſt beaucoup plus grande que celle qui peut ſe débiter, s'il eſt

permis de se servir de cette expreſſion, par les pores des corps, il doit agir à la manière des fluides élaſtiques ordinaires & renverſer tout ce qui s'oppoſe à ſon paſſage. Une partie de cet effet doit avoir lieu, lorſqu'on allume de la poudre dans un canon : quoique le métal qui le compoſe ſoit perméable pour le calorique, la quantité qui s'en dégage à la fois eſt tellement grande, qu'elle ne trouve pas une iſſue aſſez prompte à travers les pores du métal; elle fait donc un effort en tous ſens, & c'eſt cet effort qui eſt employé à chaſſer le boulet.

Secondement, le calorique produit néceſſairement un ſecond effet qui dépend également de la force répulſive que ſes molécules paroiſſent exercer les unes ſur les autres : il dilate les gaz qui ſe dégagent au moment de l'inflammation de la poudre, & cette dilatation eſt d'autant plus grande que la température eſt plus élevée.

Troiſièmement, il eſt poſſible qu'il y ait décompoſition de l'eau dans l'inflammation de la poudre, & qu'elle fourniſſe de l'oxygène au charbon pour former de l'acide carbonique. Si les choſes ſe paſſent ainſi, il doit ſe dégager rapidement, au moment de la détonation de la poudre, une grande quantité de gaz hydrogène qui ſe débande & qui contribue à augmenter la force de l'exploſion. On ſentira com-

bien cette circonſtance doit contribuer à augmenter l'effet de la poudre, ſi l'on conſidère que le gaz hydrogène ne pèſe qu'un grain deux tiers par pinte ; qu'il n'en faut par conſéquent qu'une très-petite quantité en poids pour occuper un très-grand eſpace, & qu'il doit exercer une force expanſive prodigieuſe, quand il paſſe de l'état liquide à l'état aériforme.

Quatrièmement enfin une portion d'eau non décompoſée doit ſe réduire en vapeurs dans l'inflammation de la poudre, & l'on ſait que dans l'état de gaz elle occupe un volume 17 à 18 cent fois plus grand que lorſqu'elle eſt dans l'état liquide.

J'ai déjà fait une aſſez grande ſuite d'expériences ſur la nature des fluides élaſtiques qui ſe dégagent de la détonation du nitre avec le charbon & avec le ſoufre ; j'en ai fait auſſi quelques-unes avec le muriate oxygéné de potaſſe. C'eſt un moyen qui conduit à des connoiſſances aſſez préciſes ſur les parties conſtituantes de ces ſels, & j'ai déjà donné, Tome XI du recueil des Mémoires préſentés à l'Académie par des ſavans étrangers, page 625, quelques réſultats principaux de mes expériences & des conſéquences auxquelles elles m'ont conduit relativement à l'analyſe de l'acide nitrique. Maintenant que je me ſuis procuré des appareils

plus

plus commodes; je me prépare à répéter les mêmes expériences un peu plus en grand, & j'obtiendrai plus de précision dans les résultats : en attendant, je vais rendre compte des procédés que j'ai adoptés & employés jusqu'à présent. Je recommande avec bien de l'instance à ceux qui voudront répéter quelques-unes de ces expériences, d'y apporter une extrême prudence; de se méfier de tout mêlange où il entre du salpêtre, du charbon & du soufre, & plus encore de ceux dans lesquels il entre du sel muriatique oxygéné de potasse combiné & mêlangé avec ces deux matières.

Je me suis prémuni de canons de pistolets de six pouces de longueur environ & de cinq à six lignes de diamètre. J'en ai bouché la lumière avec une pointe de clou frappée à force, cassée dans le trou même, & sur laquelle j'ai fait couler un peu de soudure blanche de ferblantier, afin qu'il ne restât aucune issue à l'air par cette ouverture. On charge ces canons avec une pâte médiocrement humectée, faite avec des quantités bien connues de salpêtre & de charbon réduits en poudre impalpable, ou de tout autre mêlange susceptible de détoner. A chaque portion de matière qu'on introduit dans le canon, on doit bourer avec un bâton qui soit du même calibre, à peu près comme on

charge les fusées. La matière ne doit pas emplir le pistolet tout-à-fait jusqu'à sa bouche ; il est bon qu'il reste quatre ou cinq lignes de vuide à l'extrémité : alors on ajoute un bout de 2 pouces de long environ de mêche nommée *étoupille*. La seule difficulté de ce genre d'expériences, sur-tout si l'on ajoute du soufre au mélange, est de saisir le point d'humectation convenable : si la matière est trop humide, elle n'est point susceptible de s'allumer, si elle est trop sèche, la détonation est trop vive & peut devenir dangereuse.

Quand on n'a pas pour objet de faire une expérience rigoureusement exacte, on allume la mêche, & quand elle est près de communiquer l'inflammation à la matière, on plonge le pistolet sous une grande cloche d'eau dans l'appareil pneumato-chimique. La détonation commencée, elle se continue sous l'eau, & le gaz se dégage avec plus ou moins de rapidité, suivant que la matière est plus ou moins sèche. Il faut, tant que la détonation dure, tenir le bout du pistolet incliné, afin que l'eau ne rentre pas dans l'intérieur. J'ai quelquefois recueilli ainsi le gaz produit par la détonation d'une once & demie ou de deux onces de nitre.

Il n'est pas possible, dans cette manière d'opérer, de connoître la quantité de gaz acide

carbonique qui se dégage, parce qu'une partie est absorbée par l'eau à mesure qu'il la traverse; mais l'acide carbonique une fois absorbé, il reste le gaz azote; & si on a la précaution de l'agiter pendant quelques minutes dans de la potasse caustique en liqueur, on l'obtient pur, & il est aisé d'en déterminer le volume & le poids. Il est même possible d'arriver par cette méthode à une connoissance assez précise de la quantité de gaz acide carbonique, en répétant l'expérience un grand nombre de fois & en faisant varier les doses du charbon, jusqu'à ce qu'on soit arrivé à la juste proportion qui fait détoner la totalité du nitre. Alors, d'après le poids du charbon employé, on détermine celui d'oxygène qui a été nécessaire pour le saturer, & on en conclut la quantité d'oxygène contenu dans une quantité donnée de nitre.

Il est au surplus un autre moyen que j'ai pratiqué & qui conduit à des résultats plus sûrs; c'est de recevoir dans des cloches remplies de mercure le gaz qui se dégage. Le bain de mercure que j'ai maintenant, est assez grand pour qu'on puisse y placer des cloches de douze à quinze pintes de capacité. De pareilles cloches, comme l'on sent, ne sont pas très-maniables quand elles sont remplies de mercure; aussi faut-il employer pour les remplir

des moyens particuliers que je vais indiquer. On place la cloche ſur le bain de mercure; on paſſe par-deſſous un ſiphon de verre dont on a adapté l'extrémité extérieure à une petite pompe pneumatique : on fait jouer le piſton, & on élève le mercure juſqu'au haut de la cloche. Lorſqu'elle eſt ainſi remplie, on y fait paſſer le gaz de la détonation de la même manière que dans une cloche qui feroit remplie d'eau. Mais, je le répète, ce genre d'expériences exige les plus grandes précautions. J'ai vu quelquefois, quand le dégagement du gaz étoit trop rapide, des cloches pleines de mercure, peſant plus de 150 livres, s'enlever par la force de l'exploſion : le mercure jailliſſoit au loin, & la cloche étoit briſée en un grand nombre d'éclats.

Lorſque l'expérience a réuſſi & que le gaz eſt raſſemblé ſous la cloche, on en détermine le volume comme je l'ai indiqué pages 361 & 362. On y introduit enſuite un peu d'eau, de puis la potaſſe diſſoute dans l'eau & dépouillée d'acide carbonique, & on parvient à en faire une analyſe rigoureuſe, comme je l'ai enſeigné pages 365 & ſuivantes.

Il me tarde d'avoir mis la dernière main aux expériences que j'ai commencées ſur les détonations, parce qu'elles ont un rapport

immédiat avec les objets dont je suis chargé, & qu'elles jetteront, à ce que j'espère, quelques lumières sur les opérations relatives à la fabrication de la poudre.

CHAPITRE VIII.

Des Instrumens nécessaires pour opérer sur les corps à de très-hautes températures.

§. PREMIER.

De la Fusion.

LORSQU'ON écarte les unes des autres, par le moyen de l'eau, les molécules d'un sel, cette opération, comme nous l'avons vu plus haut, se nomme *solution*. Ni le dissolvant, ni le corps tenu en dissolution ne sont décomposés dans cette opération; aussi dès l'instant que la cause qui tenoit les molécules écartées cesse, elles se réunissent, & la substance saline reparoît telle qu'elle étoit avant la solution.

On opère aussi de véritables solutions par le feu, c'est-à-dire, en introduisant & en accumulant entre les molécules d'un corps une grande quantité de calorique. Cette solution des corps par le feu se nomme *fusion*.

Les fusions en général se font dans des vases que l'on nomme creusets, & l'une des premières conditions est qu'ils soient moins fusibles que

la ſubſtance qu'ils doivent contenir. Les Chimiſtes de tous les âges ont en conſéquence attaché une grande importance à ſe procurer des creuſets de matières très-réfractaires, c'eſt-à-dire, qui euſſent la propriété de réſiſter à un très-grand degré de feu. Les meilleurs ſont ceux qui ſont faits avec de l'argile très-pure ou de la terre à porcelaine. On doit éviter d'employer pour cet uſage les argiles mêlangées de ſilice ou de terre calcaire, parce qu'elles ſont trop fuſibles. Toutes celles qu'on tire aux environs de Paris ſont dans ce cas; auſſi les creuſets qu'on fabrique dans cette ville fondent-ils à une chaleur aſſez médiocre, & ne peuvent-ils ſervir que dans un très-petit nombre d'opérations chimiques. Ceux qui viennent de Heſſe ſont aſſez bons, mais on doit préférer ceux de terre de Limoges, qui paroiſſent être abſolument infuſibles. Il exiſte en France un grand nombre d'argiles propres à faire des creuſets; telle eſt celle, par exemple, dont on ſe ſert pour les creuſets de la glacerie de Saint-Gobin.

On donne aux creuſets différentes formes, ſuivant les opérations auxquelles on ſe propoſe de les employer. On a repréſenté celles qui ſont le plus uſitées dans les *fig.* 7, 8, 9 & 10 de la *planche VII.* Ceux repréſentés *figure* 9, qui

font presque fermés par en haut, se nomment *tutes*.

Quoique la fusion puisse souvent avoir lieu sans que le corps qui y est soumis change de nature & se décompose, cette opération est cependant aussi un des moyens de décomposition & de recomposition que la Chimie emploie. C'est par la fusion qu'on extrait tous les métaux de leurs mines, qu'on les revivifie, qu'on les moule, qu'on les allie les uns aux autres; c'est par elle que l'on combine l'alkali & le sable pour former du verre, que se fabriquent les pierres colorées, les émaux, &c.

Les anciens Chimistes employoient beaucoup plus fréquemment l'action d'un feu violent, que nous ne le faisons aujourd'hui. Depuis qu'on a introduit plus de rigueur dans la manière de faire des expériences, on préfère la voie humide à la voie sèche, & on n'a recours à la fusion que lorsqu'on a épuisé tous les autres moyens d'analyse.

Pour appliquer aux corps l'action du feu, on se sert de fourneaux, & il me reste à décrire ceux qu'on emploie pour les différentes opérations de la Chimie.

§. II.

Des Fourneaux.

Les fourneaux font les inftrumens dont on fait le plus d'ufage en Chimie : c'eft de leur bonne ou de leur mauvaife conftruction que dépend le fort d'un grand nombre d'opérations ; en forte qu'il eft d'une extrême importance de bien monter un laboratoire en ce genre. Un fourneau eft une efpèce de tour cylindrique creufe A B C D, quelquefois un peu évafée par le haut, *planche XIII, fig. 1.* Elle doit avoir au moins deux ouvertures latérales ; une fupérieure F qui eft la porte du foyer, une inférieure G qui eft la porte du cendrier.

Dans l'intervalle de ces deux portes le fourneau eft partagé en deux par une grille placée horifontalement, qui forme une efpèce de diaphragme & qui eft deftinée à foutenir le charbon. On a indiqué la place de cette grille par la ligne H I. La capacité qui eft au-deffus de la grille, c'eft-à-dire au-deffus de la ligne H I, fe nomme foyer, parce qu'en effet c'eft dans cette partie que l'on entretient le feu ; la capacité qui eft au-deffous porte le nom de cendrier, par la raifon que c'eft dans cette partie que fe raffemblent les cendres à mefure qu'elles fe forment.

Le fourneau représenté *planche XIII, fig. 1*, est le moins compliqué de tous ceux dont on se sert en Chimie, & il peut être employé cependant à un grand nombre d'usages. On peut y placer des creusets, y fondre du plomb, de l'étain, du bismuth, & en général toutes les matières qui n'exigent pas, pour être fondues, un degré de feu très-considérable. On peut y faire des calcinations métalliques, placer dessus des bassines, des vaisseaux évaporatoires, des capsules de fer pour former des bains de sable, comme on le voit représenté *pl. III, fig. 1 & 2.* C'est pour le rendre applicable à ces différentes opérations, qu'on a ménagé dans le haut des échancrures *m m m m*; autrement la bassine qu'on auroit posée sur le fourneau auroit intercepté tout passage à l'air, & le charbon se seroit éteint. Si ce fourneau ne produit qu'un degré de chaleur médiocre, c'est que la quantité de charbon qu'il peut consommer est limitée par la quantité d'air qui peut passer par l'ouverture G du cendrier. On augmenteroit beaucoup son effet, en aggrandissant cette ouverture; mais le grand courant d'air qui conviendroit dans quelques expériences, auroit de l'inconvénient dans beaucoup d'autres, & c'est ce qui oblige de garnir un laboratoire de fourneaux de différentes formes & construits sous différens

points de vue. Il en faut sur-tout plusieurs semblables à celui que je viens de décrire, & de différentes grandeurs.

Une autre espèce de fourneau, peut-être encore plus nécessaire, est le fourneau de réverbère représenté *planche XIII, figure 2*. Il est composé, comme le fourneau simple, d'un cendrier HIKL dans sa partie inférieure, d'un foyer KLMN, d'un laboratoire MNOP, d'un dôme RSRS; enfin le dôme est surmonté d'un tuyau TTVV, auquel on peut en ajouter plusieurs autres, suivant le genre des expériences.

C'est dans la partie MNOP nommée le laboratoire, que se place la cornue A qu'on a indiquée par une ligne ponctuée; elle y est soutenue sur deux barres de fer qui traversent le fourneau. Son col sort par une échancrure latérale faite partie dans la pièce qui forme le laboratoire, partie dans celle qui forme le dôme. A cette cornue s'adapte un récipient B.

Dans la plupart des fourneaux de réverbère qui se trouvent tout faits chez les potiers de terre à Paris, les ouvertures tant inférieures que supérieures sont beaucoup trop petites; elles ne donnent point passage à un volume d'air assez considérable; & comme la quantité de charbon consommée, ou, ce qui revient au même, comme la quantité de calorique déga-

gée eſt à peu près proportionnelle à la quantité d'air qui paſſe par le fourneau, il en réſulte que ces fourneaux ne produiſent pas tout l'effet qu'on pourroit deſirer dans un grand nombre d'opérations. Pour admettre d'abord par le bas un volume d'air ſuffiſant, il faut, au lieu d'une ouverture G au cendrier, en avoir deux GG; on en condamne une lorſqu'on le juge à propos, & alors on n'obtient plus qu'un degré de feu modéré; on les ouvre au contraire l'une & l'autre, quand on veut donner le plus grand coup de feu que le fourneau puiſſe produire.

L'ouverture ſupérieure SS du dôme, ainſi que celle des tuyaux VVXX, doit être auſſi beaucoup plus grande qu'on n'a coutume de la faire.

Il eſt important de ne point employer des cornues trop groſſes relativement à la grandeur du fourneau. Il faut qu'il y ait toujours un eſpace ſuffiſant pour le paſſage de l'air entre les parois du fourneau & celles du vaiſſeau qui y eſt contenu. La cornue A, dans la *figure* 2 eſt un peu trop petite pour ce fourneau, & je trouve plus facile d'en avertir que de faire rectifier la figure.

Le dôme a pour objet d'obliger la flamme & la chaleur à environner de toutes parts la cornue & de la réverbérer; c'eſt de-là qu'eſt

venu le nom de fourneau de réverbère. Sans cette réverbération de la chaleur, la cornue ne feroit échauffée que par fon fond ; les vapeurs qui s'en élèveroient fe condenferoient dans la partie fupérieure, elles fe recohoberoient continuellement fans paffer dans le récipient : mais au moyen du dôme, la cornue fe trouve échauffée de toutes parts ; les vapeurs ne peuvent donc fe condenfer que dans le col & dans le récipient, & elles font forcées de fortir de la cornue.

Quelquefois, pour empêcher que le fond de la cornue ne foit échauffé ou refroidi trop brufquement, & pour éviter que ces alternatives de chaud & de froid n'en occafionnent la fracture, on place fur les barres une petite capfule de terre cuite dans laquelle on met un peu de fable, & on pofe fur ce fable le fond de la cornue.

Dans beaucoup d'opérations on enduit les cornues de différens luts. Quelques-uns de ces luts n'ont pour objet que de les défendre des alternatives de chaud & de froid ; quelquefois ils ont pour objet de contenir le verre, ou plutôt de former une double cornue qui fupplée à celle de verre dans les opérations où le degré de feu eft affez fort pour le ramollir.

Le premier de ces luts fe fait avec de la

terre à four à laquelle on joint un peu de bourre ou poil de vache : on fait une pâte de ces matières, & on l'étend ſur les cornues de verre ou de grès. Si au lieu de terre à four qui eſt déjà mêlangée, on n'avoit que de l'argile ou de la glaiſe pure, il faudroit y ajouter du ſable. A l'égard de la bourre, elle eſt utile pour mieux lier enſemble la terre : elle brûle à la première impreſſion du feu ; mais les interſtices qu'elle laiſſe empêchent que l'eau qui eſt contenue dans la terre, en ſe vaporiſant, ne rompe la continuité du lut & qu'il ne tombe en pouſſière.

Le ſecond lut eſt compoſé d'argile & de fragmens de poteries de grès groſſièrement pilés. On en fait une pâte aſſez ferme, qu'on étend ſur les cornues. Ce lut ſe deſſèche & ſe durcit par le feu, & forme lui-même une véritable cornue ſupplémentaire, qui contient les matières quand la cornue de verre vient à ſe ramollir. Mais ce lut n'eſt d'aucune utilité dans les expériences où on a pour objet de recueillir les gaz, parce qu'il eſt toujours poreux & que les fluides aériformes paſſent au travers.

Dans un grand nombre d'opérations, & en général toutes les fois qu'on n'a pas beſoin de donner aux corps qu'on traite un degré de chaleur très-violent, le fourneau de réverbère

peut servir de fourneau de fusion. On supprime alors le laboratoire MNOP, & on établit à la place le dôme RSRS, comme on le voit représenté *planche XIII*, *fig.* 3.

Un fourneau de fusion très-commode est celui représenté *figure* 4. Il est composé d'un foyer ABCD, d'un cendrier sans porte & d'un dôme ABGH. Il est troué en E pour recevoir le bout d'un soufflet qu'on y lute solidement. Il doit être proportionnellement moins haut qu'il n'est représenté dans la figure. Ce fourneau ne procure pas un degré de feu très-violent; mais il suffit pour toutes les opérations courantes. Il a de plus l'avantage d'être transporté commodément, & de pouvoir être placé dans tel lieu du laboratoire qu'on le juge à propos. Mais ces fourneaux particuliers ne dispensent pas d'avoir dans un laboratoire une forge garnie d'un bon soufflet, & ce qui est encore plus important, un bon fourneau de fusion. Je vais donner la description de celui dont je me sers, & détailler les principes d'après lesquels je l'ai construit.

L'air ne circule dans un fourneau que parce qu'il s'échauffe en passant à travers les charbons: alors il se dilate; devenu plus léger que l'air environnant, il est forcé de monter par la pression des colonnes latérales, & il est

remplacé par de nouvel air qui arrive de toutes parts, principalement par-deſſous. Cette circulation de l'air a lieu lorſque l'on brûle du charbon même dans un ſimple réchaut : mais il eſt aiſé de concevoir que la maſſe d'air qui paſſe par un fourneau ainſi ouvert de toutes parts, ne peut pas être, toutes choſes d'ailleurs égales, auſſi grande que celle qui eſt contrainte de paſſer par un fourneau formé en tour creuſe, comme le ſont en général les fourneaux chimiques, & que par conſéquent la combuſtion ne peut pas y être auſſi rapide.

Soit ſuppoſé, par exemple, un fourneau ABCDEF, *planche XIII, figure 5*, ouvert par le haut & rempli de charbons ardens ; la force avec laquelle l'air ſera obligé de paſſer à travers les charbons, ſera meſurée par la différence de peſanteur ſpécifique de deux colonnes AC, l'une d'air froid pris en-dehors du fourneau, l'autre d'air chaud pris en-dedans. Ce n'eſt pas qu'il n'y ait encore de l'air échauffé au-deſſus de l'ouverture AB du fourneau, & il eſt certain que ſon excès de légèreté doit entrer auſſi pour quelque choſe dans le calcul ; mais comme cet air chaud eſt continuellement refroidi & emporté par l'air extérieur, cette portion ne peut pas faire beaucoup d'effet.

Mais ſi à ce même fourneau on ajoute un grand

grand tuyau creux de même diamètre que lui GHAB, qui défende l'air qui a été échauffé par les charbons ardens, d'être refroidi, dispersé & emporté par l'air environnant, la différence de pesanteur spécifique en vertu de laquelle s'opérera la circulation de l'air, ne sera plus celle de deux colonnes AC, l'une extérieure, l'autre intérieure; ce sera celle de deux colonnes égales à GC. Or, à chaleur égale, si la colonne GC=3AG, la circulation de l'air se fera en raison d'une force triple. Il est vrai que je suppose ici que l'air contenu dans la capacité GHCD est autant échauffé que l'étoit l'air contenu dans la capacité ABCD; ce qui n'est pas rigoureusement vrai; car la chaleur doit décroître de AB à GH: mais comme il est évident que l'air de la capacité GHAB est beaucoup plus chaud que l'air extérieur, il en résulte toujours que l'addition de la tour creuse GHAB augmente la rapidité du courant d'air, qu'il en passe plus à travers les charbons; & que par conséquent il y aura plus de combustion.

Conclurons-nous de ces principes qu'il faille augmenter indéfiniment la longueur du tuyau GHAB? Non sans doute; car puisque la chaleur de l'air diminue de AB en GH, ne fût-ce que par le refroidissement causé à cet air

par le contact des parois du tuyau, il en résulte que la pesanteur spécifique de l'air qui le traverse diminue graduellement, & que si le tuyau étoit prolongé à un certain point, on arriveroit à un terme où la pesanteur spécifique de l'air seroit égale en-dedans & en-dehors du tuyau; & il est évident qu'alors cet air froid qui ne tendroit plus à monter, seroit une masse à déplacer qui apporteroit une résistance à l'ascension de l'air inférieur. Bien plus, comme cet air est nécessairement mêlé de gaz acide carbonique, & que ce gaz est plus lourd que l'air atmosphérique, il arriveroit, si ce tuyau étoit assez long pour que l'air avant de parvenir à son extrémité pût se rapprocher de la température extérieure, qu'il tendroit à redescendre; d'où il faut conclure que la longueur des tuyaux qu'on ajoute sur les fourneaux est limitée par la nature des choses.

Les conséquences auxquelles nous conduisent ces réflexions, sont 1°. que le premier pied de tuyau qu'on ajoute sur le dôme d'un fourneau, fait plus d'effet que le sixième, par exemple; que le sixième en fait plus que le dixième: mais aucune expérience ne nous a encore fait connoître à quel terme on doit s'arrêter; 2°. que ce terme est d'autant plus éloigné que le tuyau est moins bon conducteur de chaleur, puisque

l'air s'y refroidit d'autant moins ; en ſorte que la terre cuite eſt beaucoup préférable à la tôle pour faire des tuyaux de fourneaux, & que ſi même on les formoit d'une double enveloppe, ſi on rempliſſoit l'intervalle de charbon pilé, qui eſt une des ſubſtances la moins propre à tranſmettre la chaleur, on retarderoit le refroidiſſement de l'air, & on augmenteroit par conſéquent la rapidité du courant & la poſſibilité d'employer un tuyau plus long ; 3°. que le foyer du fourneau étant l'endroit le plus chaud & celui par conſéquent où l'air qui le traverſe eſt le plus dilaté, cette partie du fourneau doit être auſſi la plus volumineuſe, & qu'il eſt néceſſaire d'y ménager un renflement conſidérable. Il eſt d'une néceſſité d'autant plus indiſpenſable de donner beaucoup de capacité à cette partie du fourneau, qu'elle n'eſt pas ſeulement deſtinée au paſſage de l'air qui doit favoriſer, ou pour mieux dire, opérer la combuſtion ; elle doit encore contenir le charbon & le creuſet; en ſorte qu'on ne peut compter pour le paſſage de l'air que l'intervalle que laiſſent entr'eux les charbons.

C'eſt d'après ces principes que j'ai conſtruit mon fourneau de fuſion, & je ne crois pas qu'il en exiſte aucun qui produiſe un effet plus violent. Cependant je n'oſe pas encore me flatter

d'être arrivé à la plus grande intensité de chaleur qu'on puisse produire dans les fourneaux chimiques. On n'a point encore déterminé par des expériences exactes l'augmentation de volume que prend l'air en traversant un fourneau de fusion ; en sorte qu'on ne connoît point le rapport qu'on doit observer entre les ouvertures inférieures & supérieures d'un fourneau : on connoît encore moins la grandeur absolue qu'il convient de donner à ces ouvertures. Les données manquent donc, & on ne peut encore arriver au but que par tâtonnement.

Ce fourneau est représenté *pl. XIII*, *fig. 6*. Je lui ai donné, d'après les principes que je viens d'exposer, la forme d'un sphéroïde elliptique ABCD, dont les deux bouts sont coupés par un plan qui passeroit par chacun des foyers perpendiculairement au grand axe. Au moyen du renflement qui résulte de cette figure, le fourneau peut tenir une masse de charbon considérable, & il reste encore dans l'intervalle assez d'espace pour le passage du courant d'air.

Pour que rien ne s'oppose au libre accès de l'air extérieur, je l'ai laissé entièrement ouvert par-dessous, à l'exemple de M. Macquer, qui avoit déjà pris cette même précaution pour son fourneau de fusion, & je l'ai posé sur un trépied. La grille dont je me sers est à claire-voie

& en fer méplat; & pour que les barreaux opposent moins d'obstacle au passage de l'air, je les ai fait poser non sur leur côté plat, mais sur le côté le plus étroit, comme on le voit *figure* 7. Enfin j'ai ajouté à la partie supérieure A B un tuyau de 18 pieds de long en terre cuite, & dont le diamètre intérieur est presque de moitié de celui du fourneau. Quoique j'obtienne déjà avec ce fourneau un feu supérieur à celui qu'aucun Chimiste se soit encore procuré jusqu'ici, je le crois susceptible d'être sensiblement augmenté par les moyens simples que j'ai indiqués & dont le principal consiste à rendre le tuyau FGAB le moins bon conducteur de chaleur qu'il soit possible.

Il me reste à dire un mot du fourneau de coupelle ou fourneau d'essai. Lorsqu'on veut connoître si du plomb contient de l'or ou de l'argent, on le chauffe à grand feu dans de petites capsules faites avec des os calcinés, & qui, en termes d'essai, se nomment *coupelles*. Le plomb s'oxide, il devient susceptible de se vitrifier, il s'imbibe & s'incorpore avec la coupelle. On conçoit que le plomb ne peut s'oxider qu'avec le contact de l'air; ce ne peut donc être, ni dans un creuset où le libre accès de l'air extérieur est interdit, ni même au milieu d'un fourneau à travers les charbons ardens, puisque

l'air de l'intérieur d'un fourneau altéré par la combuſtion & réduit pour la plus grande partie à l'état de gaz azote & de gaz acide carbonique, n'eſt plus propre à la calcination & à l'oxidation des métaux. Il a donc fallu imaginer un appareil particulier où le métal fût en même tems expoſé à la grande violence du feu, & garanti du contact de l'air devenu incombuſtible par ſon paſſage à travers les charbons. Le fourneau deſtiné à remplir ce double objet, a été nommé, dans les arts, fourneau de coupelle. Il eſt communément de forme quarrée, ainſi qu'il eſt repréſenté *planche XIII, fig. 8*. Voyez auſſi ſa coupe, *fig. 10*. Comme tous les fourneaux bien conſtruits, il doit avoir un cendrier AABB, un foyer BBCC, un laboratoire CCDD, un dôme DDEE.

C'eſt dans le laboratoire qu'on place ce qu'on nomme la mouffle. C'eſt une eſpèce de petit four GH, *figures 9 & 10*, fait de terre cuite & fermé par le fond. On le poſe ſur des barres qui traverſent le fourneau, il s'ajuſte avec l'ouverture G de la porte, & on l'y lute avec de l'argile délayée avec de l'eau. C'eſt dans cette eſpèce de four que ſe placent les coupelles. On met du charbon deſſus & deſſous la mouffle par les portes du dôme & du foyer : l'air qui eſt entré par les ouvertures du cendrier, après avoir

servi à la combustion, s'échappe par l'ouverture supérieure EE. A l'égard de la mouffle, l'air extérieur y pénètre par la porte GG, & il y entretient la calcination métallique.

En réfléchissant sur cette construction, on s'apperçoit aisément combien elle est vicieuse. Elle a deux inconvéniens principaux : quand la porte GG est fermée, l'oxidation se fait lentement & difficilement à défaut d'air pour l'entretenir; lorsqu'elle est ouverte, le courant d'air froid qui s'introduit fait figer le métal & suspend l'opération. Il ne seroit pas difficile de remédier à ces inconvéniens, en construisant la mouffle & le fourneau de manière qu'il y eût un courant d'air extérieur toujours renouvellé qui rasât la surface du métal. On feroit passer cet air à travers un tuyau de terre qui seroit entretenu rouge par le feu même du fourneau, afin que l'intérieur de la mouffle ne fût jamais refroidi; & on feroit en quelques minutes ce qui demande souvent un tems considérable.

M. Sage a été conduit par d'autres principes à de semblables conséquences. Il place la coupelle qui contient le plomb allié de fin dans un fourneau ordinaire à travers les charbons; il la recouvre avec une petite mouffle de porcelaine, & quand le tout est suffisamment chaud, il dirige sur le métal le courant d'air d'un souf-

ſlet ordinaire à main: la coupellation de cette manière ſe fait avec une grande facilité, & à ce qu'il paroît, avec beaucoup d'exactitude.

§. III.

Des moyens d'augmenter conſidérablement l'action du feu, en ſubſtituant le gaz oxygène à l'air de l'atmoſphère.

On a obtenu avec les grands verres ardens qui ont été conſtruits juſqu'à ce jour, tels que ceux de Tchirnauſen & celui de M. de Trudaine, une intenſité de chaleur un peu plus grande que celle qui a lieu dans les fourneaux chimiques, & même dans les fours où l'on cuit la porcelaine dure. Mais ces inſtrumens ſont extrêmement chers, & ils ne vont pas même juſqu'à fondre la platine brute; en ſorte que leur avantage, relativement à l'effet qu'ils produiſent, n'eſt preſque d'aucune conſidération, & qu'il eſt plus que compenſé par la difficulté de ſe les procurer & même d'en faire uſage.

Les miroirs concaves à diamètre égal font un peu plus d'effet que les verres ardens; on en a la preuve par les expériences faites par MM. Macquer & Baumé, avec le miroir de M. l'Abbé Bouriot: mais comme la direction des rayons réfléchis eſt de bas en haut, il faut opérer en l'air & ſans ſupport; ce qui rend

abſolument impoſſible le plus grand nombre des expériences chimiques.

Ces conſidérations m'avoient déterminé d'abord à eſſayer de remplir de grandes veſſies de gaz oxygène, à y adapter un tube ſuſceptible d'être fermé par un robinet, & à m'en ſervir pour animer avec ce gaz le feu des charbons allumés. L'intenſité de chaleur fut telle, même dans mes premières tentatives, que je parvins à fondre une petite quantité de platine brute avec aſſez de facilité.

C'eſt à ce premier ſuccès que je dois l'idée du gazomètre dont j'ai donné la deſcription, page 346 & ſuivantes. Je l'ai ſubſtitué aux veſſies; & comme on peut donner au gaz oxygène le degré de preſſion qu'on juge à propos, on peut non-ſeulement s'en procurer un écoulement continu, mais lui donner même un grand degré de vîteſſe.

Le ſeul appareil dont on ait beſoin pour ce genre d'expériences, conſiſte en une petite table ABCD, *pl. XII, fig.* 15, percée d'un trou en F, à travers lequel on fait paſſer un tube de cuivre ou d'argent FG, terminé en G par une très-petite ouverture qu'on peut ouvrir ou fermer par le moyen du robinet H. Ce tube ſe continue par deſſous la table en *l m n o*, & va s'adapter au gazomètre avec l'intérieur duquel il

communique. Lorſqu'on veut opérer, on commence à faire avec le tourne-vis K I un creux de quelques lignes de profondeur dans un gros charbon noir. On place dans ce creux le corps que l'on veut fondre : on allume enſuite le charbon avec un chalumeau de verre, à la flamme d'une chandelle ou d'une bougie; après quoi on l'expoſe au courant de gaz oxygène qui ſort avec rapidité par le bec ou extrémité G du tube F G.

Cette manière d'opérer ne peut être employée que pour les corps qui peuvent être mis ſans inconvénient en contact avec les charbons, tels que les métaux, les terres ſimples, &c. A l'égard des corps dont les principes ont de l'affinité avec le charbon & que cette ſubſtance décompoſe, comme les ſulfates, les phoſphates, & en général preſque tous les ſels neutres, les verres métalliques, les émaux, &c. on ſe ſert de la lampe d'émailleur, à travers de laquelle on fait paſſer un courant de gaz oxygène. Alors, au lieu de l'ajutage recourbé EG, on ſe ſert de celui coudé S T, qu'on viſſe à la place & qui dirige le courant de gaz oxygène à travers la flamme de la lampe. L'intenſité de chaleur que donne ce ſecond moyen n'eſt pas auſſi forte que celle qu'on obtient par le premier, & ce n'eſt qu'avec beau-

coup de peine qu'on parvient à fondre la platine.

Les supports dont on se sert dans cette seconde manière d'opérer, sont ou des coupelles d'os calcinés, ou de petites capsules de porcelaine, ou même des capsules ou cuillers métalliques. Pourvu que ces dernières ne soient pas trop petites, elles ne fondent pas, attendu que les métaux sont bons conducteurs de chaleur, que le calorique se répartit en conséquence promptement & facilement dans toute la masse, & n'en échauffe que médiocrement chacune des parties.

On peut voir dans les volumes de l'Académie, année 1782, page 476, & 1783, page 573, la suite d'expériences que j'ai faites avec cet appareil. Il en résulte, 1°. que le cristal de roche, c'est-à-dire la terre siliceuse pure, est infusible; mais qu'elle devient susceptible de ramollissement & de fusion, dès qu'elle est mélangée.

2°. Que la chaux, la magnésie & la baryte ne sont fusibles ni seules, ni combinées ensemble; mais qu'elles facilitent, sur-tout la chaux, la fusion de toutes les autres substances.

3°. Que l'alumine est complètement fusible seule, & qu'il résulte de sa fusion une substance vitreuse opaque très-dure, qui raye le verre comme les pierres précieuses.

4°. Que toutes les terres & pierres composées se fondent avec beaucoup de facilité, & forment un verre brun.

5°. Que toutes les subſtances ſalines, même l'alkali fixe, ſe volatiliſent en peu d'inſtans.

6°. Que l'or, l'argent, &c. & probablement la platine, ſe volatiliſent lentement à ce degré de feu, & ſe diſſipent ſans aucune circonſtance particulière.

7°. Que toutes les autres ſubſtances métalliques, à l'exception du mercure, s'oxident quoique placées ſur un charbon; qu'elles y brûlent avec une flamme plus ou moins grande & diverſement colorée, & finiſſent par ſe diſſiper entièrement.

8°. Que les oxides métalliques brûlent également tous avec flamme; ce qui ſemble établir un caractère diſtinctif de ces ſubſtances, & ce qui me porte à croire, comme Bergman l'avoit ſoupçonné, que la baryte eſt un oxide métallique, quoiqu'on ne ſoit pas encore parvenu à en obtenir le métal dans ſon état de pureté.

9°. Que parmi les pierres précieuſes, les unes, comme le rubis, ſont ſuſceptibles de ſe ramollir & de ſe ſouder, ſans que leur couleur & même que leur poids ſoient altérés; que d'autres, comme l'hyacinthe dont la fixité eſt preſque

égale à celle du rubis, perdent facilement leur couleur; que la topaſe de Saxe, la topaſe & le rubis du Breſil non-ſeulement ſe décolorent promptement à ce degré de feu, mais qu'ils perdent même un cinquième de leur poids, & qu'il reſte, lorſqu'ils ont ſubi cette altération, une terre blanche ſemblable en apparence à du quartz blanc ou à du biſcuit de porcelaine; enfin que l'éméraude, la chryſolite & le grenat fondent preſque ſur-le-champ en un verre opaque & coloré.

10°. Qu'à l'égard du diamant, il préſente une propriété qui lui eſt toute particulière, celle de ſe brûler à la manière des corps combuſtibles & de ſe diſſiper entièrement.

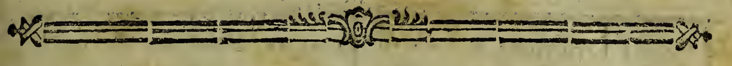
Il eſt un autre moyen dont je n'ai point encore fait uſage, pour augmenter encore davantage l'activité du feu par le moyen du gaz oxygène; c'eſt de l'employer à ſouffler un feu de forge. M. Achard en a eu la première idée; mais les procédés qu'il a employés & au moyen deſquels il croyoit déphlogiſtiquer l'air de l'atmoſphère, ne l'ont conduit à rien de ſatisfaiſant. L'appareil que je me propoſe de faire conſtruire, ſera très-ſimple: il conſiſtera dans un fourneau ou eſpèce de forge d'une terre extrêmement réfractaire; ſa figure ſera à peu près ſemblable à celle du fourneau repréſenté

planche XIII, figure 4 ; il ſera ſeulement moins élevé & en général conſtruit ſur de plus petites dimenſions. Il aura deux ouvertures, l'une en E à laquelle s'adaptera le bout d'un ſoufflet, & une ſeconde toute ſemblable à laquelle s'ajuſtera un tuyau qui communiquera avec le gazomètre. Je pouſſerai d'abord le feu auſſi loin qu'il ſera poſſible par le vent du ſoufflet ; & quand je ſerai parvenu à ce point, je remplirai entièrement le fourneau de charbons embraſés ; puis interceptant tout-à-coup le vent du ſoufflet, je donnerai par l'ouverture d'un robinet accès au gaz oxygène du gazomètre, & je le ferai arriver avec quatre ou cinq pouces de preſſion. Je puis réunir ainſi le gaz oxygène de pluſieurs gazomètres, de manière à en faire paſſer juſqu'à huit à neuf pieds cubes à travers le fourneau, & je produirai une intenſité de chaleur certainement très-ſupérieure à tout ce que nous connoiſſons. J'aurai ſoin de tenir l'ouverture ſupérieure du fourneau très-grande, afin que le calorique ait une libre iſſue, & qu'une expanſion trop rapide de ce fluide ſi éminemment élaſtique ne produiſe point une exploſion.

FIN.

TABLES
A L'USAGE
DES CHIMISTES.

TABLES



TABLES A L'USAGE DES CHIMISTES.

N°. I.

Table pour convertir les onces, gros & grains en fractions décimales de livre, poids de marc.

Table pour les grains.

Grains poids de marc.	*Fractions décimales de livre correspondantes.*	*Grains poids de marc*	*Fractions décimales de livre correspondantes.*
	livre.		livre.
1	0,000108507	13	0,001410591
2	0,000217014	14	0,001519098
3	0,000325521	15	0,001627605
4	0,000434028	16	0,001736112
5	0,000542535	17	0,001844619
6	0,000651042	18	0,001953125
7	0,000759549	19	0,002061633
8	0,000868056	20	0,002170140
9	0,000976563	21	0,002278647
10	0,001085070	22	0,002387154
11	0,001193577	23	0,002495661
12	0,001302084	24	0,002604168

Grains poids de marc.	*Fractions décimales de livre correspondantes.*	*Grains poids de marc.*	*Fractions décimales de livre correspondantes.*
	livre.		livre.
25	0,002712675	51	0,005533857
26	0,002821182	52	0,005642364
27	0,002929689	53	0,005750871
28	0,003038196	54	0,005859378
29	0,003146703	55	0,005967885
30	0,003255210	56	0,006076372
31	0,003363717	57	0,006184899
32	0,003472224	58	0,006293406
33	0,003580731	59	0,006401913
34	0,003689238	60	0,006510420
35	0,003797745	61	0,006618927
36	0,003906252	62	0,006727434
37	0,004014759	63	0,006835941
38	0,004123266	64	0,006944448
39	0,004231773	65	0,007052955
40	0,004340280	66	0,007161462
41	0,004448787	67	0,007269969
42	0,004557294	68	0,007378456
43	0,004665801	69	0,007486983
44	0,004774308	70	0,007595490
45	0,004882815	71	0,007703997
46	0,004991322	72	0,007812504
47	0,005099829	73	0,007921011
48	0,005208336	74	0,008029518
49	0,005316843	75	0,008138025
50	0,005425350	76	0,008246532

Grains poids de marc.	*Fractions décimales de livre correspondantes.*	*Grains poids de marc.*	*Fractions décimales de livre correspondantes.*
	livre.		livre.
77	0,008355039	89	0,009657123
78	0,008463546	90	0,009765630
79	0,008572053	91	0,009874137
80	0,008680560	92	0,009982644
81	0,008789067	93	0,010091151
82	0,008897574	94	0,010199658
83	0,009006081	95	0,010308165
84	0,009114588	96	0,010416672
85	0,009223095	97	0,010525179
86	0,009331602	98	0,010633686
87	0,009440109	99	0,010742193
88	0,009548616	100	0,010850700

POUR LES GROS.

gros.	livre.
1	0,0078125
2	0,0156250
3	0,0234375
4	0,0312500
5	0,0390625
6	0,0468750
7	0,0546875
8	0,0625000
9	0,0703125
10	0,0781250
11	0,0859375
12	0,0937500
13	0,1015625
14	0,1093750
15	0,1171875
16	0,1250000

POUR LES ONCES.

onces.	livre.
1	0,0625000
2	0,1250000
3	0,1875000
4	0,2500000
5	0,3125000
6	0,3750000
7	0,4375000
8	0,5000000
9	0,5625000
10	0,6250000
11	0,6875000
12	0,7500000
13	0,8125000
14	0,8750000
15	0,9375000
16	1,0000000

N°. II.

TABLE pour convertir les fractions décimales de livre en fractions vulgaires.

POUR LES DIXIEMES DE LIVRE.

Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*		
livre.	onces.	gros.	grains.
0.1	1	4	57,60
0,2	3	1	43,20
0,3	4	6	28,80
0,4	6	3	14,40
0,5	8	8	0
0,6	9	4	57,60
0,7	11	1	43,20
0,8	12	6	28,80
0,9	14	3	14,40
1,	16	0	0

POUR LES MILLIEMES DE LIVRE.

Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*		
livre.		gros.	grains
0,001	»	»	9,22
0,002	»	»	18,43
0,003	»	»	27,65
0,004	»	»	36,86
0,005	»	»	46,08
0,006	»	»	55,30
0,007	»	»	64,51
0,008	»	1	1,73
0,009	»	1	10,94
0,010	»	1	20,16

POUR LES CENTIEMES DE LIVRE.

livre.	onces.	gros.	grains.
0,01	»	1	20,16
0,02	»	2	40,32
0,03	»	3	60,48
0,04	»	5	8,64
0,05	»	6	28,80
0,06	»	7	48,96
0,07	1	0	69,12
0,08	1	2	17,28
0,09	1	3	37,44
0,10	1	4	57,60

POUR LES DIX MILLIEMES DE LIVRE.

livre.	grains.
0,0001	0,92
0,0002	1,84
0,0003	2,76
0,0004	3,69
0,0005	4,61
0,0006	5,53
0,0007	6,45
0,0008	7,37
0,0009	8,29
0,0010	9,22

POUR LES CENT MILLIEMES DE LIVRE.

Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*
livre.	grains.
0,00001	0,09
0,00002	0,18
0,00003	0,28
0j00004	0,37
0,00005	0,46
0,00006	0,55
0,00007	0,64
0,00008	0,74
0,00009	0,83
0,00010	0,92

POUR LES MILLIONIEMES DE LIVRE.

Fractions décimales de livre.	*Fractions vulgaires de livre correspondantes.*
livte.	grains.
0,000001	0,01
0,000002	0,02
0,000003	0,03
0,000004	0,04
0,000005	0,05
0,000006	0,06
0,000007	0,07
0,000008	0,08
0,000009	0,09
0,000010	0,10

N°. III.

TABLE du nombre de Pouces cubes correspondans à un poids déterminé d'eau.

TABLE POUR LES GRAINS.

Grains d'eau, poids de marc	*Nombre de pouces cubes correspondans.*	*Grains d'eau, poids de marc.*	*Nombre de pouces cubes correspondans.*
1	0,003	23	0,062
2	0,005	24	0,065
3	0,008	25	0,067
4	0,011	26	0,070
5	0,013	27	0,073
6	0,016	28	0,076
7	0,019	29	0,078
8	0,022	30	0,081
9	0,024	31	0,084
10	0,027	32	0,086
11	0,030	33	0,089
12	0,032	34	0,092
13	0,035	35	0.094
14	0,038	36	0,097
15	0,040	37	0,100
16	0,043	38	0,103
17	0,046	39	0,105
18	0,049	40	0,108
19	0,051	41	0,111
20	0,054	42	0,113
21	0,057	43	0,116
22	0,059	44	0,119

Grains d'eau, poids de marc.	*Nombre des pouces cubes correspondans.*	*Grains d'eau, poids de marc.*	*Nombre des pouces cubes correspondans.*
45	0,121	59	0,159
46	0,124	60	0,162
47	0,127	61	0,165
48	0,130	62	0,167
49	0,132	63	0,170
50	0,135	64	0,173
51	0,138	65	0,175
52	0,140	66	0,178
53	0,143	67	0,181
54	0,146	68	0,184
55	0,148	69	0,186
56	0,151	70	0,189
57	0,154	71	0,192
58	0,157	72	0,194

TABLE POUR LES GROS.

	pou. cub.
1	0,193
2	0,386
3	0,579
4	0,772
5	0,965
6	1,158
7	1,351
8	1,543

TABLE POUR LES ONCES.

	pou. cub.
1	1,543
2	3,086
3	4,629
4	6,172
5	7,715
6	9,258
7	10,801
8	12,344
9	13,887
10	15,430
11	16,973
12	18,516
13	20,059
14	21,602
15	23,145
16	24,687

TABLE POUR LES LIVRES.

Livres d'eau, poids de marc.	*Nombre de pouces cubes correspondans.*	*Livres d'eau, poids de marc.*	*Nombre de pouces cubes correspondans.*
	pou. cub.		pou. cub.
1	24,687	20	493,740
2	49,374	21	518,427
3	74,061	22	543,114
4	98,748	23	567,801
5	123,420	24	592,448
6	148,122	25	617,175
7	172,809	26	641,862
8	197,496	27	666,549
9	222,180	28	691,236
10	246,870	29	715,923
11	271,557	30	740,610
12	296,244	40	987,480
13	320,931	50	1234,200
14	345,618	60	1481,220
15	370,305	70	1728,000
16	394,992	80	1974,960
17	419,676	90	2221,800
18	444,360	100	2328,700
19	469,050		

N°. IV.

TABLE pour convertir les lignes & fractions de lignes en fractions décimales de pouce.

TABLE POUR LES FRACTIONS DE LIGNE.

Douzièmes de lignes.	*Fractions décimales de pouce correspondantes.*
	pouces.
1	0,00694
2	0,01389
3	0,02083
4	0,02778
5	0,03472
6	0,04167
7	0,04861
8	0,05556
9	0,06250
10	0,06944
11	0,07639
12	0,08333

TABLE POUR LES LIGNES.

Lignes.	*Fractions décimales de pouce correspondantes.*
	pouces.
1	0,08333
2	0,16667
3	0,25000
4	0,33333
5	0,41667
6	0,50000
7	0,58333
8	0,66667
9	0,75000
10	0,83333
11	0,91667
12	1,00000

N°. V.

TABLE pour convertir les hauteurs d'eau observées dans les cloches ou jarres, en hauteurs correspondantes de mercure exprimées en fractions décimales de pouce.

Hauteur de l'eau exprimée en lignes.	*Hauteur correspondante du mercure exprimée en fractions décimales de pouce.*	*Hauteurs de l'eau exprimée en lignes.*		*Hauteur correspondante du mercure exprimée en fractions décimales de pouce.*
lignes.	pouces.	pou.	lig.	pouces.
1	0,00614		20	0,12284
2	0,01228		21	0,12898
3	0,01843		22	0,13512
4	0,02457		23	0,14126
5	0,03071	2		0,14741
6	0,03685	3		0,22111
7	0,04299	4		0,29481
8	0,04914	5		0,36852
9	0,05528	6		0,44222
10	0,06142	7		0,51593
11	0,06756	8		0,58963
12	0,07370	9		0,66333
13	0,07985	10		0,73704
14	0,08599	11		0,81074
15	0,09213	12		0,88444
16	0,09827	13		0,95815
17	0,10441	14		1,03185
18	0,11055	15		1,10556
19	0,11670	16		1,17926

N°. VI.

TABLE des quantités de pouces cubiques françois correspondans à une once, mesure de M. Priestley.

Onces, mesure de M. Priestley.	*Pouces cubiques françois correspondans.*	*Onces, mesure de M. Priestley.*	*Pouces cubiques françois correspondans.*
	pou. cub.		
1	1,567	20	31,340
2	3,134	30	47,010
3	4,701	40	62,680
4	6,268	50	78,350
5	7,835	60	94,020
6	9,402	70	109,650
7	10,969	80	125,360
8	12,536	90	141,030
9	14,103	100	156,700
10	15,670	200	313,400
11	17,237	300	470,100
12	18,804	400	626,800
13	20,371	500	783,500
14	21,938	600	940,200
15	23,505	700	1096,900
16	25,072	800	1253,600
17	26,639	900	1410,300
18	28,206	1000	1567,000
19	29,773		

N°. VII.

TABLE des pesanteurs des différens gaz à 28 pouces de pression & à 10 degrés du thermomètre.

Noms des airs ou gaz.	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*	OBSERVATIONS.
	grains.	on. gro. gra.	
Air atmosphérique....	0,46005	1..3.. 3,00	D'après mes expér.
Gaz azote...........	0.44444	1..2..48,00	D'après mes expér.
Gaz oxigène.........	0,50694	1..4..12,00	D'après mes expér.
Gaz hydrogène......	0,03539	»..»..61,15	D'après mes expér.
Gaz acide carbonique.	0,68985	2..»..40,00	D'après mes expér.
Gaz nitreux.........	0,54690	1..5.. 9,04	D'après M. Kirwan.
Gaz ammoniaque....	0,27488	»..6..43,00	D'après M. Kirwan.
Gaz acide sulfureux...	1,03820	3..»..66,00	D'après M. Kirwan.

N°. VIII.

TABLE des Pesanteurs spécifiques des substances minérales, extraite de l'ouvrage de M. BRISSON.

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			onc. g. gra.	livres. on. g. gr.
Or......	Or à 24 karats, fondu & non forgé.	192581	12.3.62	1348. 1.0.41
	Le même fondu & forgé.	193617	12.4.28	1355. 5.0.60
	Or au titre de Paris, ou à 22 karats, fondu & non forgé.	174863	11.2.48	1224. 0.5.18
	Le même fondu & forgé.	175894	11.3.15	1231. 4.1. 2
	Or au titre de la monoie de France, ou à 21 $\frac{22}{32}$ karats, fondu & non forgé.	174022	11.2.17	1218. 2.3.51
	Le même monoyé.	176474	11.3.36	1235. 5.0.51
	Or au titre des bijoux, ou à 20 karats, fondu & non forgé.	157090	10.1.33	1099.10.0.46
	Le même, fondu & forgé.	157746	10.1.57	1104. 3.4.30
Argent...	Argent à 12 deniers fondu & non forgé.	104743	6.6.22	733. 3.1.52
	Le même fondu & forgé.	105107	6.6.36	735.11.7.43

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			onc. g. gr.	livres. on. g. gr.
Argent...	Argent au titre de Paris, ou à 11 deniers 10 grains, fondu & non forgé.	101752	6.4.55	712. 4.1.57
	Le même, fondu & forgé.	103765	6.5.58	726. 5.5.32
	Argent au titre de la monoie de France, ou à 10 deniers 21 grains, fondu & non forgé.	100476	6.4. 7	703. 5.2.36
	Le même monoyé.	104077	6.5.70	728. 8.4.71
Platine...	Platine brut en grenailles.	156017	10.0.65	1092. 1.7.17
	Le même décapé, par l'acide muriatique.	167521	10.6.62	1172.10.2.59
	Platine purifié fondu.	195000	12.5. 8	1365. 0.0. 0
	Platine purifié forgé	203366	13.1.32	1423. 8.7.67
	Platine purifié, passé par la filiere.	210417	13.5. 8	1472.14.5.46
	Platine purifié passé au laminoir.	220690	14.2.31	1544.13.2.17
Cuivre...	Cuivre rouge fondu & non forgé.	77880	5.0.28	545. 2.4.35
	Le même fondu & passé à la filiere.	88785	5.6. 3	621. 7.7.26
	Cuivre jaune fondu & non forgé.	83958	5.3.38	587.11.2.26
	Le même fondu & passé à la filiere.	85441	5.4.22	598. 1.3.10

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			onc. g. gr.	livres. on. g. gr.
Fer.....	Fer fondu.	72070	4.5.27	504. 7.6.52
	Fer forgé en barre, écroui ou non écroui.	77880	5.0.28	545. 2.4.35
	Acier ni trempé, ni écroui.	78331	5.0.44	548. 5.0.41
	Le même écroui & non trempé.	78404	5.0.47	548.13.1.71
	Le même écroui & ensuite trempé.	78180	5.0.39	547. 4.1.20
	Le même trempé & non écroui.	78163	5.0.38	547. 2.2. 3
Etain....	Etain pur de Cornouailles, fondu & non écroui.	72914	4.5.58	510. 6.2.68
	Le même fondu & écroui.	72994	4.5.61	510.15.2.45
	Etain de Mélac, fondu & non écroui.	72963	4.5.60	510.11.6.61
	Le même fondu & écroui.	73065	4.5.64	511. 7.2.17
Plomb...	Plomb fondu.	113523	7.2.62	794.10.4.44
Zinc....	Zinc fondu.	71908	4.5.21	503. 5.5.41
Bismuth..	Bismuth fondu.	98227	6.2.67	687. 9.3.28
Cobalt...	Cobalt fondu.	78119	5.0.36	546.13.2.45
Antim...	Antimoine fondu.	67021	4.2.54	469. 2.2.59
	Antimoine crud.	40643	2.5. 5	284. 8.0. 9
	Verre d'antimoine.	49464	3.1.47	346. 3.7.64

SUBSTANCES MÉTALLIQUES.

Noms des substances métalliques.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			onc. g. gr.	livres. on. g. gr.
Arsenic. .	Arsenic fondu.	57633	3.5.64	403. 6.7.12
Nickel. . .	Nickel fondu.	78070	5.0.35	545. 7.6.52
Molybd. .	....	47385	3.0.41	331.11.1.69
Tungstèn.	....	60665	3.7.33	424.10.3.60
Mercure..	....	135681	8.6.25	949.12.2.13

PIERRES PRÉCIEUSES.

Noms des pierres précieuses.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livres on. g. gr.
Diamant.	Diamant Oriental blanc.	35212	2.2.19	246. 7 5.69
	Diamant Oriental couleur de rose.	35310	2.2.22	247. 2.5.55
Rubis. . . .	Rubis Oriental.	42833	2.6.15	299.13.2.26
	Rubis Spinelle.	37600	2.3.36	263. 3.1.43
	Rubis Balai.	36458	2.2.65	255. 3.2.26
	Rubis du Brésil.	35311	2.2.22	247. 2.6.47
Topaze. .	Topaze Orientale.	40106	2.4.57	280.11.6.70
	Topaze - pistache Orientale.	40615	2.5. 4	284. 4.7. 3
	Topaze du Brésil.	35365	2.2.24	247. 8.7. 3

PIERRES PRÉCIEUSES.

Noms des pierres précieuses.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Topaze..	Topaze de Saxe.	35640	2.2.35	249. 7.5.32
	Topaze blanche de Saxe.	35535	2.2.31	248.11.7.26
Saphir...	Saphir Oriental.	39941	2.4.51	279. 9.3.10
	Saphir Oriental blanc.	39911	2.4.50	279. 6.0.18
	Saphir du Puy.	40769	2.5.10	285. 6.1. 2
	Saphir du Brésil.	31307	2.0.17	219. 2.3. 5
Girasol. .	....	40000	2.4.53	280. 0.0. 0
Jargon...	Jargon de Ceylan.	44161	2.6.65	309. 2.0.18
Hyacinth.	Hyacinthe commune.	36873	2.3. 9	258. 1.5.22
Vermeill.	....	42299	2.5.67	296. 1.3.65
Grenat. .	Grenat de Bohême.	41888	2.5.52	293. 3.3.47
	Grenat en criſtal dodécaèdre.	40627	2.5. 5	284. 6.1.57
	Grenat en criſtal à 24 faces, volcaniſé.	24684	1.4.58	172.12.4.62
	Grenat Syrien.	40000	2.4.53	280. 0.0. 0
Emeraude	Emeraude du Pérou.	27755	1.6.28	194. 4.4.35
Chryſolite.	Chryſolite des Joailliers.	27821	1.6.31	194.11.7.44
	Chryſolite du Bréſil.	26923	1.5.69	188. 7.3. 1
Aigue-marine.	Aigue-marine Orientale ou Béril.	35489	2.2.29	248. 6.6.10
	Aigue-marine Occidentale.	27227	1.6. 8	190. 9.3.28

PIERRES SILICEUSES.

Noms des pierres siliceuses.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Cristal de Roche.	Cristal de Roche limpide de Madagascar.	26530	1.5.54	185.11.2.64
	Cristal de Roche du Brésil.	26526	1.5.54	185.10.7.21
	Cristal de Roche gélatineux ou d'Europe.	26548	1.5.55	185.13.3. 1
Quartz.	Quartz cristallisé.	26546	1.5.55	185.13.1.16
	Quartz en masse.	26471	1.5.52	185. 4.6. 1
Grès.	Grès des Paveurs.	24158	1.4.38	169. 1.5.41
	Grès des Rémouleurs.	21429	1.3. 8	150. 0.0.28
	Grès des Couteliers.	21113	1.2.68	147.12.5.18
	Grès luisant de Fontainebleau.	25616	1.5.20	179. 4.7.67
	Pierre à faux à grain moyen d'Auvergne.	25638	1.5.21	179. 7.3.47
	Pierre à faux de Lorraine.	25298	1.5. 8	177. 1.3. 1
Agathe.	Agathe Orientale.	25901	1.5.31	181. 4.7.21
	Agathe Onix.	26375	1.5.49	184.10.0. 0
Calcédoi.	Calcédoine limpide.	26640	1.5.59	186. 7.5.32
Cornaline	....	26137	1.5.40	182.15.2.54
Sardoine.	Sardoine pure.	26025	1.5.36	182. 2.6.39
Prase.	....	25805	1.5.27	180.10.1.20
Pierre à fusil.	Pierre à fusil blonde.	25941	1.5.32	181. 9.3.10
	Pierre à fusil noirâtre.	25817	1.5.28	180.11.4. 2

PIERRES SILICEUSES.

Noms des pierres ſiliceuſes.	VARIÉTÉS.	Peſanteur ſpécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Caillou..	Caillou Onix.	26644	1.5.59	186. 8.1. 2
	Caillou de Rennes.	26538	1.5.55	185.12.2. 3
Pierre meuliere.	....	24835	1.4.63	173.13.4.12
Jade...	Jade blanc.	29502	1.7.21	206. 8.1.57
	Jade verd.	29660	1.7.27	207. 9.7.26
Jaſpe....	Jaſpe rouge.	26612	1.5.58	186. 4.4.25
	Jaſpe brun.	26911	1.5.69	188. 6.0.18
	Jaſpe jaune.	27101	1.6. 4	189.11.2.36
	Jaſpe violet.	27111	1.6. 4	189.12.3.33
	Jaſpe gris.	27640	1.6.24	193. 7.5.32
	Jaſpe Onix ou rubanné.	28160	1.6.43	197. 1.7.26
Schorl...	Schorl noir, priſmatique hexaèdre.	33636	2.1.32	235. 7.1.62
	Schorl noir ſpathique.	33852	2.1.40	236.15.3.28
	Schorl noir en maſſe, dit Baſalte noir antique.	29225	1.7.11	204. 9.1.43

PIERRES ARGILEUSES OU ALUMINEUSES.

Noms des pierres.	VARIÉTÉS.	Peſanteur ſpécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Serpentine	Serpentine opaque verte d'Italie, dite Gabro des Florentins.	24295	1.4.43	170. 1.0.23

PIERRES ARGILEUSES OU ALUMINEUSES.

Noms des pierres.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Stéatite. .	Craie de Briançon grossiere.	27274	1.6.10	190.14.5.56
	Craie d'Espagne.	27902	1.6.34	195. 5.0.14
	Pierre ollaire feuilletée du Dauphiné.	27687	1.6.26	193.12.7.40
	Pierre ollaire feuilletée de Suéde.	28531	1.6.57	199.11.3.56
Talc. . . .	Talc de Moscovie.	27917	1.6.34	195. 6.5.46
	Mica noir.	29004	1.7. 3	203. 0.3.42
Schiste. .	Schiste commun.	26718	1.5.61	187. 0.3.24
	Ardoise neuve.	28535	1.6.57	199.11.7.26
	Pierre à rasoir blanche.	28763	1.6.66	201. 5.3.47
	Pierre à rasoir noire & blanche.	31311	2.0.17	219. 2.6.47

PIERRES CALCAIRES.

Spath calcaire.	Spath calcaire rhomboïdal dit Cristal d'Islande.	27151	1.6. 6	190. 0.7.21
	Spath calcaire pyramidal, dit Dent de cochon.	27141	1.6. 5	189.15.6.24
Albâtre. .	Albâtre Oriental blanc antique.	27302	1.6.11	191. 2.6.42
Marbre. .	Marbre campan vert.	27417	1.6.16	191.14.5.46
	Marbre campan rouge.	27242	1.6. 9	190.11.0.60
	Marbre blanc de Carare.	27168	1.6. 6	190. 2.6.38

PIERRES CALCAIRES.

Noms des pierres.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livres. on. g. gr
Marbre.	Marbre blanc de Paros.	28376	1.6.51	198.10.0.65
Pierres calcaires à bâtir.	Pierre de S. Leu, de la carriere de S. Leu.	16593	1.0.43	116. 2.3.24
	Pierre de S. Leu, de la carriere de Notre Dame.	18094	1.1.28	126.10.4.16
	Pierre de Vergelet, du plus gros grain.	16542	1.0.42	115.12.5.46
	Pierre d'Arcueil.	20605	1.2.49	144. 3.6. 6
	Pierre de Liais du fond de Bagneux, de la carriere de Mad. Ricateau.	20778	1.2.56	145. 7.1. 6
	Pierre de Liais du fond de Bagneux, de la carriere de M. Ory.	23902	1.4.28	167. 5.0.14
	Pierre des carrieres de Bouré.	13864	0.7.14	97. 1.6.10
	Pierre de Passy près Tonnerre.	23340	1.4. 7	163. 6.0.46

SPATHS.

Spath pesant, ou Sulfate de baryte.	Spath pesant blanc.	44300	2.6.70	310. 1.4.58
Spath fluor, ou Fluate de chaux.	Spath fluor blanc.	31555	2.0.26	220.14.1.20
	Spath fluor rouge.	31911	2.0.39	223. 6.0.18
	Spath fluor vert.	31817	2.0.36	222.11.2.17
	Spath fluor bleu.	31688	2.0.31	221.13.0.32
	Spath fluor violet.	31757	2.0.34	222. 4.6.20

ZÉOLITE.

Noms des pierres.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Zéolite. .	Zéolite étincelante rouge d'Œdelfors.	24868	1.4.64	174. 1.1.52
	Zéolite étincelante blanche.	20739	1.2.54	145. 2.6.10
	Zéolite cristallisée.	20833	1.2.58	145.13.2.26
PEISCHTEIN OU PIERRE DE POIX.				
Pierres de poix.	Pierre de poix noire.	20499	1.2.45	143. 7.7. 7
	Pierre de poix jaune	20860	1.2.59	146. 0.2.40
	Pierre de poix rouge.	26695	1.5.61	186.13.6.52
	Pierre de poix noirâtre.	23191	1.4. 2	162. 5.3.10
PIERRES MÉLANGÉES.				
Porphire..	Porphire rouge.	27651	1.6.24	193. 8.7.21
	Porphire rouge du Dauphiné.	27933	1.6.35	195. 8.3.70
Serpentin.	Serpentin vert.	28960	1.7. 1	202.11.4.12
	Serpentin noir dit variolite du Dauphiné.	29339	1.7.15	205. 5.7.54
	Serpentin vert du Dauphiné.	29883	1.7.36	209. 2.7.12
Ophite. .	....	29722	1.7.30	208. 0.6.66
Granitelle	....	30626	1.7.63	214. 6.0.65
Granit. . .	Granit rouge d'Egyp.	26541	1.5.55	185.12.4.53
	Granit d'un beau rouge.	27609	1.6.23	193. 4.1.48
	Granit de la Vallée de Girardmas dans les Vosges.	27163	1.6. 6	190. 2.2. 3

PIERRES DE VOLCANS.

Noms des pierres.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Pierres de volcans	Pierre-ponce.	9145	».4.53	64. 0.1.66
	Lave pleine de Volcans, dite *Pierre obsidienne.*	23480	1.4.13	164. 5.6. 6
	Pierre de Volvic.	23205	1.4. 2	162. 6.7.49
	Basalte de la chaussée des Géans.	28642	1.6.61	200. 7.7.17
	Basalte prismatique d'Auvergne.	24215	1.4.40	169. 8.0.46
	Basalte, dit *pierre de touche.*	24153	1.4.38	169. 1.1. 6

VITRIFICATIONS ARTIFICIELLES.

Verres...	Laitier des forges.	28548	1.6.58	199.13.3. 1
	Verre des bouteilles.	27325	1.6.12	191. 4.3.14
	Verre vert ou commun des vitres.	26423	1.5.50	184.15.3. 1
	Verre blanc ou cristal de France.	28922	1.7. 0	202. 7.2. 8
	Cristal des glaces de S. Gobin.	24882	1.4.65	174. 2.6.20
	Cristal d'Angleterre, dit *Flint-glass.*	33293	2.1.19	233. 0.6.38
	Verre de borax.	26070	1.5.37	182. 7.6.52
Porcelaines.	Porcelaine dure du Roi, ou de Sèves.	21457	1.3. 9	150. 3.1.34
	Porcelaine de Limoges.	23410	1.4.10	163.13.7.26
	Porcelaine de la Chine.	23847	1.4.26	166.14.6.66

MATIÈRES INFLAMMABLES.

Noms des pierres.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Soufre...	Soufre natif.	20332	1.2.39	142. 5.1.34
	Soufre fondu.	19907	1.2.23	139. 5.3.56
Bitumes..	Charbon de terre compacte.	13292	0.6.64	93. 0.5.46
	Ambre gris.	9263	0.4.58	64.13.3.47
	Ambre jaune ou Succin transparent.	10780	0.5.42	75. 7.2.63

TABLE des Pesanteurs spécifiques des Fluides.

EAUX.

ESPECES.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
			on. g. grai.	liv. on. g. gr.
Eaux....	Eau distillée.	10000	0.5.13 $\frac{1}{3}$	70. 0.0. 0
	Eau de pluie.	10000	0.5.13 $\frac{1}{3}$	70. 0.0. 0
	Eau de la Seine filtrée.	10001,5	0.5.13,4	70. 0.1.25
	Eau d'Arcueil.	10004,6	0.5.13,5	70. 0.4. 9
	Eau de Ville-d'Avray.	10004,3	0.5.13,5	70. 0.3.61
	Eau de mer.	10263	0.5.23	71.13.3.47
	Eau du lac Asphaltite, ou de la Mer morte.	12403	0.6.31	86.13.1. 6
	LIQUEURS SPIRITUEUSES.			
Vins....	Vin de Bourgogne.	9915	0.5.10	69. 6.3.60
	Vin de Bordeaux.	9939	0.5.11	69. 9.1.25
	Vin de Malvoisie de Madère.	10382	0.5.28	72.10.6.20
	Bierre rouge.	10338	0.5.26	72. 5.6.61
	Bierre blanche.	10231	0.5.22	71. 9.6.70
	Cidre.	10181	0.5.20	71. 4.2.13
Esprit-de-vin, ou alkool.	Alkool du commerce.	8371	0.4.25	58. 9.3.30
	Alkool très-rectifié.	8293	0.4.22	58. 0.6.38
	Alkool mêlé d'eau.			
	Alkool. *Eau.*			
	parties. parties.			
	15......... 1...	8527	0.4.30	59.11.0.14
	14......... 2...	8674	0.4.36	60.11.4. 3
	13......... 3...	8815	0.4.41	61.11.2.17
	12......... 4...	8947	0.4.46	62.10.0.37
	11......... 5...	9075	0.4.51	63. 8.3.14
	10......... 6...	9199	0.4.55	64. 6.2.22
	9......... 7...	9317	0.4.60	65. 3.4. 2

LIQUEURS SPIRITUEUSES.

ESPECES.	*VARIÉTÉS.*	*Pesanteur spécifique.*	*Poids du pouce cube.*	*Poids du pied cube.*
	Alkool mêlé d'eau.			
	Alkool. *Eau.*			
	parties. parties.		on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Esprit-de-vin, ou alkool.	8......... 8...	9427	0..4.64	65.15.6.43
	7......... 9...	9519	0..4.67	66.10.1. 2
	6.........10...	9598	0..4.70	67. 2.7.58
	5.........11...	9674	0..5. 1	67.11.3.66
	4.........12...	9733	0..5. 3	68. 2.0.55
	3.........13...	9791	0..5. 6	68. 8.4.53
	2.........14...	9852	0..5. 8	68.15.3.28
	1.........15...	9919	0..5.10	69. 6.7.31
Ethers...	Ether sulfurique.	7396	0..3.60	51.12.2.59
	Ether nitrique.	9088	0..4.51	63. 9.6.61
	Ether muriatique.	7296	0..3.56	51. 1.1.16
	Ether acétique.	8664	0..4.35	60.10.2.68
LIQUEURS ACIDES.				
Acides minéraux.	Acide sulfurique.	18409	1..1.39	128.13.6.33
	Acide nitrique.	12715	»..6.43	89. 0.0.46
	Acide muriatique.	11940	»..6.14	83. 9.2.17
Acides végétau	Acide acéteux rouge.	10251	0..5.23	71.12.0.65
	Acide acéteux blanc.	10135	0..5.18	70.15.0.69
	Acide acéteux distillé.	10095	0..5.17	70.10.5. 9
	Acide acétique.	10626	0..5.37	74. 6.0.65
Acides animaux.	Acide formique.	9942	0..5.11	69. 9.4. 2
ALKALI VOLATIL OU AMMONIAQUE.				
Ammoniaque.	Ammoniaque en liqueur.	8970	0..4.47	62.12.5. 9

LIQUEURS HUILEUSES.

ESPECES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	liv. on. g. gr.
Huiles volatiles, ou essentielles.	Huile essentielle de térébenthine.	8697	0..4.37	60.14.0.37
	Térébenthine liquide.	9910	0..5.10	69. 5.7.26
	Huile essentielle de Lavande.	8938	0..4.46	62. 9.0.32
	Huile essentielle de Gérofle.	10363	0..5.27	72. 8.5.18
	Huile essentielle de Canelle.	10439	0..5.30	73. 1.1.25
Huiles fixes, ou grasses.	Huile d'olives.	9153	0..4.54	64. 1.1. 6
	Huile d'amande douce.	9170	0..4.54	64. 3.0.23
	Huile de lin.	9403	0..4.63	65.13.1. 6
	Huile de pavot.	9288	0..4.57	64.10.5.18
	Huile de faîne.	9176	0..4.55	64. 3.5.50
	Huile de baleine.	9233	0..4.57	64.10.0.55

LIQUEURS ANIMALES.

ESPECES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
Liqueurs animales.	Lait de femme.	10203	0..5.21	71. 6.5.64
	Lait de jument.	10346	0..5.26	72. 6.6. 1
	Lait d'âneſſe.	10355	0..5.27	72. 7.6. 6
	Lait de chèvre.	10341	0..5.26	72. 6.1.39
	Lait de brebis.	10409	0..5.29	72.13.6.33
	Lait de vache.	10324	0..5.25	72. 4.2.22
	Petit-lait de vache clarifié.	10193	0..5.20	71. 5.4.67
	Urine humaine.	10106	0..5.17	70. 1.6.70

TABLE des Pesanteurs spécifiques de quelques substances végétales & animales.

ESPECES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			onc. g. gr.	livres. on. g. gr.
Résine...	Résines jaune ou blanche du pin.	10727	5.40	75. 1.3.28
	Arcançon.	10857	5.45	75.15.7.63
	Galipot.	10819	5.54	75.11.5.59
	Baras.	10441	5.30	73. 1.3.10
	Sandaraque.	10920	5.48	76. 7.0.23
	Mastic.	10742	5.41	75. 3.0.60
	Storax.	11098	5.54	77.10.7.58
	Résine ou gomme copale opaque.	11398	5.28	72.12.4.44
	Gomme copale transparente.	10452	5.30	73. 2.4.71
	Gomme copale de Madagascar.	10600	5.36	74. 3.1.43
	Gomme copale de la Chine.	10628	5.37	74. 6.2.50
	Résine ou Gomme Elémi.	10182	5.20	71. 4.3. 5
	Résine ou gomme animée d'Orient.	10284	5.24	71.15.6.33
	Résine ou gomme animée d'Occident.	10426	5.29	72.15.5.50
	Labdanum.	11862	6.11	83. 0.4.25
	Labdanum *in tortis*.	24933	1.4.67	174. 8.3.70
	Résine ou gomme de gayac.	12289	6.27	86. 0.2.68
	Résine de jalap.	12185	6.23	85. 4.5.55
	Sang-dragon.	12045	6.18	84. 5.0.23
	Résine ou gomme-laque.	11390	5.65	79.11.5.32
	Résine tacamaque.	10463	5.31	73. 3.6.61
	Benjoin.	10924	5.48	76. 7.3.65
	Résine ou gomme alouchi.	10604	5.36	74. 3.5.13

ESPECES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			onc. g. gra.	livres. on. g. gr.
Résines.	Résine ou gomme caragne.	11244	5.60	78.11.2.45
	Résine ou gomme élastique.	9335	4.61	65. 5.4.12
	Camphre.	9887	5. 9	69. 3.2.54
Gommes-résines.	Gomme ammoniaque	12071	6.19	84. 7.7.44
	Gomme séraphique.	12008	6.16	84. 0.7.12
	Gomme de lierre, ou hédérée.	12948	6.51	90.10.1.29
	Gomme gutte.	12216	6.24	85. 8.1 39
	Euphorbe.	11244	5.60	78.11.2.45
	Oliban ou encens.	11732	6. 6	82. 1.7.63
	Mirrhe.	13600	7. 4	95. 3.1.43
	Bdelium.	13717	5.65	79.10.1.57
	Scammonée d'Alep.	12354	6.29	86. 7.5.13
	Scammonée de Smyrne.	12743	6.44	89. 3.1.52
	Galbanum.	12120	6.20	84.13.3.37
	Assa fœtida.	13275	6.64	92.14.6.29
	Sarcocolle.	12684	6.42	88.12.4.62
	Opopanax.	16226	1.0.30	113. 9.2.36
Gommes.	Gomme commune, ou de Païs.	14817	0.7.49	103.11.4. 2
	Gomme arabique.	14523	7.38	101.10.4.44
	Gomme adraganthe.	13161	6.59	92. 2.0.18
	Gomme de Bassora.	14346	7.32	100. 6.6. 1
	Gomme d'Acajou.	14456	7.36	101. 3.0.41
	Gomme monbain.	14206	7.26	99. 7.0.41
Sucs épaissis.	Suc de réglisse.	17228	1.0.67	120. 9.4.21
	Suc d'acacia.	15153	7.62	106. 1.1. 6
	Suc d'arec.	14573	7.40	102. 0.1.29
	Cachou.	13980	7.18	97.13.6. 6
	Aloès hépatique.	13586	7. 3	95. 1.5. 4
	Aloès socotrin.	13795	7.11	96. 9.0.23

ESPECES.	VARIÉTÉS.	Peſanteur ſpécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			on. g. gr.	livres. on. g. gr.
Sucs épaiſſis.	Hypociſte.	15263	7.66	106.13.3.47
	Opium.	13366	6.67	93. 8.7. 3
Fécules. .	Indigo.	7690	0.3.71	53.13.2.17
	Roucou.	5956	0.3. 6	41.11.0.41
Cires & graiſſes.	Cire jaune.	9648	5. 0	67. 8.4.44
	Cire blanche.	9686	5. 2	67.12.6.47
	Cire d'ouarouchi.	8970	4.47	62.12.5. 9
	Beurre de cacao.	8916	4.45	62. 6.4.53
	Blanc de baleine.	9433	4.64	66. 0.3.70
	Graiſſe de bœuf.	9232	4.57	64. 9.7.63
	Graiſſe de veau.	9341	4.61	65. 6.1.39
	Graiſſe de mouton.	9235	4.57	64.10.2.40
	Suif.	9419	4.64	65.14.7.31
	Graiſſe de cochon.	9368	4.62	65. 9.1.52
	Lard.	9478	4.66	66. 5.4.21
	Beurre.	9423	4.64	65.15.3. 1
Bois.	Chêne de 60 ans : le cœur.	11700	6. 5	81.14.3.14
	Liege.	2400	1.18	16.12.6.29
	Orme : le tronc.	6710	3.35	46.15.4.12
	Freſne : le tronc.	8450	4.27	59. 2.3.14
	Hêtre.	8520	4.30	59.10.1.66
	Aune.	8000	4.11	56. 0.0. 0
	Erable.	7550	3.66	52.13.4.58
	Noyer de France.	6710	3.35	46.15.4.12
	Saule.	5850	3. 2	40.15.1.43
	Tilleul.	6040	3. 9	42. 4.3.60
	Sapin mâle.	5500	2.61	38. 8.0. 0
	Sapin femelle.	4980	2.42	34.13.6. 6
	Peuplier.	3830	1.71	26.12.7.49
	Peuplier blanc d'Eſpagne.	5294	2.54	37. 0.7.31
	Pommier.	7930	4. 8	55. 8.1.20
	Poirier.	6610	3.31	46. 4.2.40

ESPECES.	VARIÉTÉS.	Pesanteur spécifique.	Poids du pouce cube.	Poids du pied cube.
			g. gr.	livres. on. g. gr.
Bois.	Coignassier.	7050	3.47	49. 5.4.58
	Neffiier.	9440	4.64	66. 1.2.17
	Prunier.	7850	4. 5	54.15.1.43
	Olivier.	9270	4.58	64.14.1.66
	Cerisier.	7150	3.51	50. 0.6.29
	Coudrier ou noisetier.	6000	3. 8	42. 0.0. 0
	Buis de France.	9120	4.52	63.13.3.37
	Buis de Hollande.	13280	6.64	92.15.2.63
	If de Hollande.	7880	4. 6	55. 2.4.35
	If d'Espagne.	8070	4.13	56. 7.6.52
	Cyprès d'Espagne.	6440	3.24	45. 1.2.17
	Thuya.	5608	2.65	39. 4.0.55
	Grenadier.	13540	7. 1	94.12.3.60
	Mûrier d'Espagne.	8970	4.47	62.12.5. 9
	Gayac.	13330	6.66	93. 4.7.49
	Oranger.	7050	3.47	49. 5.4.58

TABLE

DES MATIERES.

A

B

D

HUILES

R

T

Fin de la Table des Matières.

EXTRAIT des Regiſtres de l'Académie Royale des Sciences.

Du 4 Février 1789.

L'ACADÉMIE nous a chargés, M. d'Arcet & moi, de lui rendre compte d'un Traité élémentaire de Chimie, que lui a préſenté M. Lavoiſier.

Ce Traité eſt diviſé en trois parties : la première a principalement pour objet, la formation des fluides aëriformes & leur décompoſition, la combuſtion des corps ſimples, & la formation des acides.

Les molécules des corps peuvent être conſidérées comme obéiſſant à deux forces, l'une répulſive, l'autre attractive. Pendant que la derniere de ces forces l'emporte, le corps demeure dans l'état ſolide; ſi, au contraire, l'attraction eſt plus foible, les parties du corps perdent l'adhérence qu'elles avoient entr'elles, & il ceſſe d'être un ſolide.

La force répulſive eſt due au fluide très-ſubtil qui s'inſinue à travers les molécules de tous les corps, & qui les écarte ; cette ſubſtance, quelle qu'elle ſoit, étant la cauſe de la chaleur, ou, en d'autres termes, la ſenſation que nous appelons chaleur, étant l'effet de l'accumulation de cette ſubſtance, on ne peut pas, dans un langage rigoureux, la déſigner par le nom de chaleur, parce que la même dénomination ne peut pas exprimer la cauſe & l'effet; c'eſt ce qui a déterminé M. Lavoiſier, avec les autres Auteurs de la Nomenclature chimique, à la déſigner ſous le nom de calorique.

Nous nous contenterons, dans ce rapport, d'employer la nomenclature adoptée par M. Lavoiſier; mais dans le cours de ſon ouvrage, après avoir établi, par les expériences les plus exactes, les faits qui doivent ſervir de baſe aux connoiſſances chimiques, il a toujours ſoin de juſtifier la nomenclature dont il fait uſage, & de ſuivre les rapports qui doivent ſe trouver entre les idées & les mots qui les repréſentent.

S'il n'existoit que la force attractive des molécules de la matière, & la force répulsive du calorique, les corps passeroient brusquement de l'état de solide à celui de fluide aëriforme ; mais une troisième force, la pression de l'atmosphère, met obstacle à cet écartement, & c'est à cet obstacle qu'est due l'existence des fluides. M. Lavoisier établit, par plusieurs expériences, quel est le degré de pression qui est nécessaire pour contenir différentes substances dans l'état liquide, & quel est le degré de chaleur nécessaire pour vaincre cette résistance. Mais il y a un certain nombre de substances qui, à la pression de notre atmosphère & au degré de froid connu, n'abandonnent jamais l'état de fluide aëriforme ; ce sont celles-là qu'on désigne sous le nom de gaz.

Puisque les molécules de tous les corps de la nature ont dans un état d'équilibre entre l'attraction, qui tend à les rapprocher & à les réunir, & les efforts du calorique, qui tend à les écarter, non-seulement le calorique environne de toutes parts les corps, mais encore il remplit les intervalles que leurs molécules laissent entr'elles, & comme c'est un fluide extrêmement compressible, il s'y accumule, il s'y resserre & s'y combine en partie. De ces considérations, M. Lavoisier déduit l'explication de ce qu'on doit entendre par le calorique libre, le calorique combiné, la capacité de calorique, la chaleur absolue, la chaleur latente, la chaleur sensible. On pourroit lui reprocher d'avoir insisté trop peu sur la propriété élastique & compressible du calorique, & de-là résulte une différence entre ses principes & la théorie de M. Black, sur la capacité de chaleur, mais en écartant cette considération, les idées de M. Lavoisier ont acquis l'avantage d'avoir plus de clarté.

Après ces principes généraux, M. Lavoisier décrit le moyen qu'a imaginé M. de la Place pour déterminer par la quantité de glace fondue, celle du calorique qui s'est dégagé au milieu de cette glace, d'un corps qui étoit élevé à une certaine température, ou d'une combinaison qui s'y est formée. Il passe ensuite à des vues générales sur la formation & la constitution de

l'atmoſphère de la terre, non-ſeulement en la conſidérant dans l'état où elle ſe trouve, mais encore dans différens états hypothétiques.

Notre atmoſphère eſt formée de toutes les ſubſtances ſuſceptibles de demeurer dans l'état aëriforme au degré habituel de température & de preſſion que nous éprouvons. Il étoit bien important de déterminer quel eſt le nombre & quelle eſt la nature des fluides élaſtiques qui compoſent cette couche inférieure que nous habitons. On ſait que les connoiſſances que nous avons acquiſes ſur cet objet, font la gloire de la Chimie moderne; que non-ſeulement on a analyſé ces fluides, mais qu'on a encore appris à connoître une foule de combinaiſons qu'ils formoient avec les ſubſtances terreſtres, & que par-là le vide immenſe que les anciens Chimiſtes cherchoient à déguiſer par quelques ſuppoſitions, a été comblé pour la plus grande partie. Il eſt bien intéreſſant de voir celui qui a le plus contribué à nous procurer ces connoiſſances nouvelles, en tracer lui-même le tableau, rapprocher les réſultats des expériences qui ont fait l'objet d'un grand nombre de ſes Mémoires, perfectionner ces expériences & tous les appareils qu'il a fallu imaginer; mais il n'eſt pas poſſible de ſuivre dans un extrait les deſcriptions que M. Lavoiſier préſente avec beaucoup de conciſion, ſur l'analyſe de l'air de l'atmoſphère, la décompoſition du gaz oxigène par le ſoufre, le phoſphore & le charbon, ſur la formation des acides en général, la décompoſition du gaz oxigène par les métaux, la formation des oxides métalliques, le principe radical de l'eau, ſa décompoſition par le charbon & par le fer, la quantité de calorique qui ſe dégage des différentes eſpèces de combuſtion, & la formation de l'acide nitrique.

Après tous ces objets, M. Lavoiſier examine la combinaiſon des ſubſtances combuſtibles les unes avec les autres.

Le ſoufre, le phoſphore, le charbon ont la propriété de s'unir avec les métaux, & de-là naiſſent les combinaiſons que M. Lavoiſier déſigne ſous le nom de ſulfures, phoſphures & carbures.

L'hydrogène peut aussi se combiner avec un grand nombre de substances combustibles ; dans l'état de gaz, il dissout le carbone ou charbon pur, le soufre, le phosphore, & de-là viennent les différentes espèces de gaz inflammable.

Lorsque l'hydrogène & le carbone s'unissent ensemble, sans que l'hydrogène ait été porté à l'état de gaz par le calorique, il en résulte, selon M. Lavoisier, cette combinaison particuliere qui est connue sous le nom d'huile, & cette huile est fixe ou volatile, selon les proportions de l'hydrogène & du carbone. Il a exposé dans les Mémoires de 1784, les expériences qui l'ont conduit à cette opinion.

Cependant il nous paroît que cette opinion n'est pas à l'abri des objections, nous nous contenterons d'en proposer une. Toutes les huiles donnent un peu d'eau & un peu d'acide lorsqu'on les distille, & en réitérant les distillations, on peut les réduire entièrement en eau, en acide, en charbon, en gaz carbonique & en gaz hydrogène carboné. Cet acide & cette eau qu'on retire dans chaque opération, n'annoncent-ils pas qu'il entroit de l'oxigène dans la composition de l'huile; car il est facile de prouver que l'air qui est contenu dans les vaisseaux qui servent à la distillation, n'a pas pu contribuer d'une manière sensible à leur production ?

Il falloit d'abord examiner les phénomènes que présente l'oxigénation des quatre substances combustibles simples, le phosphore, le soufre, le carbone & l'hydrogène ; mais ces substances, en se combinant les unes avec les autres, ont formé des corps combustibles composés, tels que les huiles, dont l'oxigénation doit présenter d'autres résultats. Selon M. Lavoisier, il existe des acides & des oxides à base double & triple : il donne en général le nom d'oxide à toutes les substances qui ne sont pas assez oxigénées pour prendre le caractère acide. Tous les acides du règne végétal ont pour base l'hydrogène & le carbone, quelquefois l'hydrogène, le carbone & le phosphore. Les acides & oxides du règne animal sont encore plus composés ; il entre dans la compo-

ſition de la plupart quatre baſes acidifiables, l'hydrogène, le carbone, le phoſphore & l'azote. M. Lavoiſier tâche de rendre raiſon par ces principes très-ſimples, de la nature & de la différence des acides végétaux & des autres ſubſtances d'une nature végétale & d'une nature animale; il ne ſeroit pas juſte dans ce moment de juger avec ſévérité ces apperçus ingénieux, parce que l'Auteur ſe propoſe de les développer dans des Mémoires particuliers.

L'hydrogène, l'oxigène & le carbone, ſont des principes communs à tous les végétaux, & pour cette raiſon, M. Lavoiſier les appelle primitifs. Ces principes, en raiſon de la quantité de calorique avec lequel ils ſe trouvent combinés dans les végétaux, ſont tous à-peu-près en équilibre à la température dans laquelle nous vivons; ainſi les végétaux ne contiennent ni huile, ni eau, ni acide carbonique, & ſeulement les élémens de toutes ces ſubſtances; mais un changement léger dans la température ſuffit pour renverſer cet ordre de combinaiſon. L'hydrogène & l'oxigène s'uniſſent plus intimément & forment de l'eau qui paſſe dans la diſtillation; une portion de l'hydrogène & une portion du carbone ſe réuniſſent enſemble pour former de l'huile volatile, une autre partie du carbone devient libre & reſte dans la cornue. Dans les ſubſtances animales, l'azote, qui eſt un de leurs principes primitifs, s'unit à une portion d'hydrogène pour former l'alkali volatil. M. Lavoiſier donne des explications analogues à celles que nous venons d'indiquer, des phénomènes & des produits de la fermentation vineuſe, & de la putréfaction.

Il y a un grand rapport entre ces dernieres idées de M. Lavoiſier & celles que M. Higgins a expoſées dans un traité ſur l'acide acéteux, la diſtillation, la fermentation, &c. qu'il a publié en 1786, & dans lequel il admet la formation de l'eau & des huiles par l'action de la chaleur; mais n'ayant pas diſtingué le gaz hydrogène qu'il appelle phlogiſtique (ce qui eſt tout-à-fait indifférent), du charbon & de leur combinaiſon, il n'a pu déterminer les effets de la chaleur & de la fermentation avec autant d'exactitude que M. Lavoiſier.

Les

Les ſubſtances acidifiables, en s'uniſſant avec l'oxigène & en ſe convertiſſant en acides, acquièrent une grande tendance à la combinaiſon : elles deviennent propres à s'unir avec des ſubſtances terreuſes & métalliques. Mais une circonſtance remarquable diſtingue ces deux eſpèces de combinaiſon ; c'eſt que les métaux ne peuvent contracter d'union avec les acides que par l'intermède de l'oxigène, de manière qu'il faut qu'ils ſoient réduits en oxides, ou qu'ils décompoſent l'eau dont ils dégagent alors le gaz hydrogène, ou qu'ils trouvent de l'oxigène dans l'acide, & c'eſt ainſi qu'ils forment du gaz nitreux avec l'acide nitrique.

La conſidération des phénomènes qui accompagnent les diſſolutions, conduit M. Lavoiſier à celle des baſes alkalines, des terres & des métaux, & à déterminer le nombre des ſels qui peuvent réſulter de la combinaiſon de ces différentes baſes avec tous les acides connus.

Dans la ſeconde partie de ſon ouvrage, M. Lavoiſier préſente ſucceſſivement le tableau des ſubſtances ſimples, ou plutôt de celles que l'état actuel de nos connoiſſances nous oblige à conſidérer comme telles, celui des radicaux ou baſes oxidables & acidifiables, compoſées de la réunion de pluſieurs ſubſtances ſimples ; ceux des combinaiſons de l'azote, de l'hydrogène, du carbone, du ſoufre & du phoſphore, avec des ſubſtances ſimples, & enfin ceux des combinaiſons de tous les acides connus, avec les différentes baſes. Chaque tableau eſt accompagné d'une explication ſur la nature & les préparations de la ſubſtance qui en eſt l'objet, & ſur ſes principales combinaiſons.

M. Lavoiſier a réuni, dans la troiſième partie de ſon ouvrage, la deſcription ſommaire de tous les appareils & de toutes les opérations manuelles qui ont rapport à la Chimie élémentaire. Les détails indiſpenſables dans leſquels il faut entrer, auroient interrompu la marche des idées rapides qu'il a préſentées dans les deux premières parties, & en auroient rendu la lecture fatigante.

Cette deſcription eſt d'autant plus précieuſe, que non-ſeulement elle eſt faite avec beaucoup de méthode &

de clarté, mais encore qu'elle a particulièrement pour objet les appareils relatifs à la Chimie moderne, dont plusieurs sont dûs à M. Lavoisier lui-même, & qui, en général, sont encore peu connus, même de ceux qui font une étude particulière de la Chimie ; mais il est impossible de tracer une esquisse de ces descriptions, & nous sommes obligés de nous borner à l'énumération des chapitres dans lesquels elles sont classées.

Le chapitre premier traite des instrumens propres à déterminer le poids absolu & la pesanteur spécifique des corps solides & liquides.

Le second est destiné à la gazométrie, ou à la mesure du poids & du volume des substances aëriformes.

Le chapitre troisième contient la description des opérations purement mécaniques, qui ont pour objet de diviser les corps, telles que la trituration, la porphirisation, le tamisage, la filtration, &c.

M. Lavoisier décrit, dans le chapitre cinquième, les moyens que la Chimie emploie pour écarter les unes des autres les molécules des corps sans les décomposer, & réciproquement pour les réunir, ce qui comprend la solution des sels, leur lexiviation, leur évaporation, leur cristallisation, & les appareils distillatoires.

Les distillations pneumato-chimiques, les dissolutions métalliques, & quelques autres opérations qui exigent des appareils très-compliqués, sont l'objet du sixième chapitre.

Le chapitre septième contient la description des opérations relatives à la combustion & à la détonnation. Les appareils qui sont décrits dans ce chapitre sont entièrement nouveaux.

Enfin le chapitre huitième est destiné aux instrumens nécessaires pour opérer sur les corps à de très-hautes températures.

Toutes ces descriptions sont rendues sensibles par un grand nombre de planches qui présentent tous les détails qu'on peut desirer, & qui sont gravées avec beaucoup de soin. Nous ne devons pas laisser ignorer à la reconnoissance des Chimistes, qu'elles ne sont point

l'ouvrage d'un burin mercenaire, mais qu'elles sont dûes au zèle & aux talens variés du traducteur de l'ouvrage de M. Kirwan sur le phlogistique.

Ces nouveaux élémens sont terminés par quatre tables; la première donne le nombre des pouces cubiques correspondans à un poids déterminé d'eau; la seconde est destinée à convertir les fractions vulgaires en fractions décimales, & réciproquement; la troisième présente le poids des différens gaz, & la quatrième, la pesanteur spécifique des différentes substances.

Ainsi M. Lavoisier, en partant des notions les plus simples & des objets les plus élémentaires, conduit successivement aux combinaisons plus composées. Ses raisonnemens sont presque toujours fondés sur des expériences rigoureuses, ou plutôt ils n'en sont que le résultat; & il finit par donner les élémens de l'art des expériences qui doit servir de guide aux Chimistes qui, au lieu de se livrer à de vaines hypothèses, veulent établir leurs opinions la balance à la main.

L'ouvrage est précédé d'un discours dans lequel M. Lavoisier rend compte des motifs qui l'ont engagé à l'entreprendre, & de la marche qu'il a suivie dans son exécution.

S'étant imposé la loi de ne rien conclure au-delà de ce que les expériences présentent & de ne jamais suppléer au silence des faits, il n'a point compris dans ses élémens la partie de la Chimie la plus susceptible peut-être de devenir un jour une science exacte, c'est celle qui traite des affinités ou attractions chimiques; mais les données principales manquent; ou du moins celles que nous avons ne sont encore ni assez précises, ni assez certaines pour devenir la base sur laquelle doit porter une partie aussi importante de la Chimie.

M. Lavoisier a la modestie d'avouer qu'une considération secrète a peut-être donné du poids aux raisons qu'il pouvoit avoir de se taire sur les affinités; c'est que M. de Morveau est au moment de publier l'article *affinité* de l'Encyclopédie méthodique, & qu'il a redouté de traiter en concurrence avec lui, un objet qui exige des discussions très-délicates.

Quoique les Savans s'empressent de toutes parts de rendre justice aux connoissances profondes de M. de Morveau, il doit néanmoins être flatté d'un aveu qui honore également celui qui l'a fait.

Si M. Lavoisier ne parle point, dans ce Traité, des parties constituantes & élémentaires des corps, c'est qu'il regarde comme hypothétique tout ce qu'on a dit sur les quatre élémens : il est probable que nous ne connoissons pas les molécules simples & indivisibles qui composent les corps; mais il est un terme auquel nous conduisent nos analyses, & ce sont les derniers résultats que nous en obtenons, qui sont pour nous des substances simples, ou, si l'on veut, des élémens.

Mais l'objet principal de ce discours est de faire sentir la liaison qui se trouve entre l'abus des mots & les idées fausses, & entre la précision du langage & les progrès des sciences.

Nous pensons que ces nouveaux Elémens sont très-dignes d'être imprimés sous le privilége de l'Académie.

Fait à l'Académie, le 4 Février 1789.

Signé, D'ARCET & BERTHOLET.

Je certifie le présent extrait conforme à l'original, & au jugement de l'Académie. A Paris, ce 7 Février 1789.

Signé, le Marquis DE CONDORCET.

EXTRAIT des Regiſtres de la Société Royale de Médecine.

Du 6 Février 1789.

LA Société nous a chargés, M. de Horne & moi, d'examiner un Ouvrage de M. Lavoiſier, ayant pour titre, *Traité élémentaire de Chimie, préſenté dans un ordre nouveau, & d'après les découvertes modernes*. Comme ce Traité, que nous avons lu avec le plus vif intérêt, offre une méthode élémentaire différente de toutes celles qu'on a ſuivies dans les Ouvrages du même genre, nous avons cru devoir en rendre un compte très-détaillé à la Compagnie.

Les Phyſiciens, & tous les hommes qui s'adonnent à l'étude de la Philoſophie naturelle, ſavent que c'eſt aux expériences de M. Lavoiſier qu'eſt due la révolution que la Chimie a éprouvée depuis quelques années; à peine M. Black eut-il fait connoître, il y a bientôt vingt ans, l'être fugace qui adoucit la chaux & les alkalis, & qui avoit juſques-là échappé aux recherches des Chimiſtes; à peine M. Prieſtley eut-il donné ſes premières expériences ſur l'air fixe & ce qu'il appeloit les différentes eſpèces d'air, que M. Lavoiſier, qui ne s'étoit encore appliqué qu'à mettre dans les opérations de Chimie de l'exactitude & de la préciſion, conçut le vaſte projet de répéter & de varier toutes les expériences des deux célèbres Phyſiciens Anglois, & de pourſuivre avec une ardeur infatigable une carrière nouvelle, dont il prévoyoit dès-lors l'étendue. Il ſentit ſur-tout que l'art de faire des expériences vraiment utiles, & de contribuer aux progrès de la ſcience de l'analyſe, conſiſtoit à ne rien laiſſer échapper, à tout recueillir, à tout peſer. Cette idée ingénieuſe, à laquelle ſont dues toutes les découvertes modernes, l'engagea à imaginer, pour les effervefcences, pour les combuſtions,

pour la calcination des métaux, &c. des appareils capables de porter la lumière la plus vive sur la cause & les résultats de ces opérations. On connoît trop généralement aujourd'hui la plupart des faits & des découvertes que cette route expérimentale nouvelle a fait naître, pour que nous ayons besoin d'en suivre ici les détails ; nous nous contenterons de rappeler que c'est à l'aide de ces procédés, à l'aide de ce nouveau sens, ajouté, pour ainsi dire, à ceux que le Physicien possédoit déjà, que M. Lavoisier est parvenu à établir des vérités & une doctrine nouvelles sur la combustion, sur la calcination des métaux, sur la nature de l'eau, sur la formation des acides, sur la dissolution des métaux, sur la fermentation & sur les principaux phénomènes de la nature. Ces instrumens si ingénieux, cette méthode expérimentale si exacte & si différente des procédés employés autrefois par les Chimistes, n'ont cessé, depuis 1772, de devenir entre les mains de M. Lavoisier & des Physiciens qui ont suivi la même route, une source féconde de découvertes. Les Mémoires de l'Académie des Sciences offrent, depuis 1772 jusqu'en 1786, une suite non interrompue de travaux, d'expériences, d'analyses faites par ce Physicien sur le même plan. Ce qu'il y a de plus frappant pour ceux qui aiment à suivre les progrès de l'esprit humain dans ce genre de recherches, dont on n'avoit aucune idée il y a vingt ans, c'est que toutes les découvertes qui se sont succédées depuis cette époque, n'ont fait que confirmer les premiers résultats trouvés par M. Lavoisier, & donner plus de force & plus de solidité à la doctrine qu'il a proposée. Une autre considération, qui nous paroît également importante, c'est que les expériences de Bergman, de Schéele, de MM. Cavendish, Priestley, & d'un grand nombre d'autres Chimistes dans différentes parties de l'Europe, quoique faites sous des points de vue & avec des moyens différens en apparence, se sont tellement accordées avec les résultats généraux dont nous parlions plus haut, que cet accord, bien propre à convaincre les Physiciens qui cherchent la vérité sans prévention, & avec le cou-

rage néceſſaire pour réſiſter aux préjugés, n'a fait que rendre plus ſolides & plus inébranlables les fondemens ſur leſquels repoſe la nouvelle doctrine chimique. C'eſt dans cet état de la ſcience, c'eſt à l'époque où les faits nouveaux, généralement reconnus, n'excitent encore des diſcuſſions entre les Phyſiciens, que relativement à leur explication, que M. Lavoiſier, auteur de la plus grande partie de ces découvertes, & de la théorie ſimple & lumineuſe qu'elles ont créée, s'eſt propoſé d'enchaîner dans un nouvel ordre les vérités nouvelles, & d'offrir aux Savans, ainſi qu'à ceux qui veulent le devenir, l'enſemble de ſes travaux. Ceux qui ont ſuivi avec ſoin les progrès ſucceſſifs de la Chimie, ne trouveront dans l'Ouvrage dont nous nous occupons, que les faits qu'ils connoiſſent déjà ; mais ils ſe préſenteront à eux dans un ordre qui les frappera par ſa clarté & ſa préciſion. Ce ſera donc ſpécialement ſur la marche des faits, des idées & des raiſonnemens tracés par M. Lavoiſier, que nous inſiſterons dans ce rapport.

Ce Traité eſt diviſé en trois parties. Dans la première, M. Lavoiſier expoſe les élémens de la ſcience & les baſes ſur leſquelles elle eſt fondée. C'eſt ſur les corps les plus ſimples, & ſur le premier ordre de leurs combinaiſons, que roule cette première partie, comme nous le dirons tout-à-l'heure.

La ſeconde partie préſente les tableaux de toutes les combinaiſons de ces corps ſimples entr'eux, & des mixtes qu'ils forment les uns avec les autres. Les compoſés ſalins neutres en ſont particulièrement le ſujet.

Dans la troiſième partie, M. Lavoiſier décrit les appareils nouveaux, dont il a imaginé la plus grande partie, & à l'aide deſquels il a établi les vérités expoſées dans la première partie.

Conſidérons chacune de ces parties plus en détail, & ſuivons l'Auteur juſqu'à ſes dernières diviſions, pour faire connoître l'utilité & l'importance de ſon Ouvrage.

Premiere Partie.

En expoſant, dans un Diſcours préliminaire, les motifs qui l'ont engagé à écrire ſon Ouvrage, M. Lavoiſier annonce que c'eſt en s'occupant de la nomenclature & en développant ſes idées ſur les avantages & la néceſſité de lier les mots aux faits, qu'il a été entraîné comme malgré lui à faire un Traité élémentaire de Chimie; que cette nomenclature méthodique l'ayant conduit du connu à l'inconnu, cette marche qu'il s'eſt trouvé forcé de ſuivre, lui a paru propre à guider les pas de ceux qui veulent étudier la Chimie; il penſe que, quoique cette ſcience ait encore beaucoup de lacunes & ne ſoit pas complette comme la Géométrie élémentaire, les faits qui la compoſent s'arrangent cependant d'une manière ſi heureuſe dans la doctrine moderne, qu'il eſt permis de la comparer à cette dernière, & qu'on peut eſpérer de la voir s'approcher, de nos jours, du degré de perfection qu'elle eſt ſuſceptible d'atteindre. Son but a été de ne rien conclure au-delà de l'expérience, de ne jamais ſuppléer au ſilence des faits.

C'eſt pour cela qu'il n'a point parlé des principes des corps, ſur leſquels on a depuis ſi long-temps donné des idées vagues, dans les écoles & dans les Ouvrages élémentaires; qu'il n'a rien dit des attractions ou affinités chimiques, qui ne ſont point encore connues, ſuivant lui, avec l'exactitude néceſſaire pour en expoſer les généralités dans des élémens. Il termine ce diſcours en retraçant les raiſons & les motifs qui ont guidé les Chimiſtes dans le travail de la nouvelle nomenclature, & en faiſant voir quelle influence les noms exacts propoſés dans ce travail, peuvent avoir ſur les progrès & l'étude de la ſcience.

La première partie qui ſuit immédiatement ce Diſcours préliminaire, comprend dix-ſept chapitres.

M. Lavoiſier annonce qu'il traite, dans cette première Partie, de la formation des fluides aëriformes & de leur décompoſition; de la combuſtion des corps ſimples, & de la formation des acides. Ce titre, qui n'auroit cer-

tainement pas rappelé aux anciens Chimiſtes l'enſemble de leur ſcience, le comprend cependant tout entier pour ceux qui la poſsèdent, & en effet, l'un de nous en traçant la marche & l'état de toutes les connoiſſances chimiques modernes dans quelques ſéances ſur les fluides élaſtiques, a fait voir que toute la ſcience eſt compriſe dans l'hiſtoire de leur développement & de leur fixation. Il eſt donc vrai de dire, que quoique le domaine de la Chimie ait été ſingulièrement agrandi par le nombre conſidérable de faits nouveaux qu'elle a acquis depuis quelques années, le rapprochement, la liaiſon & la cohérence de ces faits, peuvent en reſſerrer les élémens dans l'eſprit de ceux qui les poſsèdent, & de ceux qu'une méthode exacte guide dans leurs études; ſi les expériences ſemblent effrayer l'imagination par leur nombre, les réſultats ſimples qu'on en tire, & les données générales qu'elles fourniſſent, font évanouir les difficultés, & rendent le travail de la mémoire plus facile. Cette vérité ſera miſe dans tout ſon jour, par l'expoſé des divers objets compris dans cette première partie de l'ouvrage de M. Lavoiſier.

Le premier Chapitre traite de la combinaiſon des corps avec le calorique ou la matière de la chaleur, & de la formation des fluides élaſtiques. Le calorique dilate tous les corps en écartant leurs molécules, qui tendent à ſe rapprocher par la force d'attraction. On peut donc conſidérer ſon effet comme celui d'une force répulſive ou oppoſée à l'attraction. Lorſque l'attraction des molécules eſt plus forte, que l'écartement ou la force répulſive communiquée par le calorique, le corps eſt ſolide; ſi la force répulſive l'emporte ſur l'attraction, les molécules s'écartent juſqu'à un certain point, la fuſion, & enfin la fluidité élaſtique naiſſent de cet effet. Comme la diminution ou l'enlèvement du calorique permet le rapprochement des molécules des corps dont l'attraction agit alors librement, & comme on peut concevoir un refroidiſſement toujours croiſſant, beaucoup plus fort que celui que nous connoiſſons, & conſéquemment un rapprochement proportionné dans les molécules des corps, il s'enſuit

que ces molécules ne ſe touchent pas, qu'il exiſte des intervalles entr'elles ; ces intervalles ſont remplis par le calorique. On peut l'y accumuler ; c'eſt cette accumulation qui détruit l'attraction de ces molécules, & qui donne enfin naiſſance à un fluide élaſtique. Tous les corps liquides prendroient, à la ſurface du globe, cette forme de fluides élaſtiques, ſi la preſſion de l'air atmoſphérique ne s'y oppoſoit pas ; c'eſt en raiſon de cette preſſion qu'il faut que la température de l'eau ſoit élevée à 80 degrés pour qu'elle ſe réduiſe en vapeur ; l'éther à 30 ou 33 degrés, l'alkool à 67. Mais les fluides ſuppoſés réduits en vapeurs par la ſuppreſſion du poids de l'atmoſphère, ſe formeroient bientôt un obſtacle à eux-mêmes par leur preſſion.

On voit d'après cela qu'un fluide élaſtique ou un gaz n'eſt qu'une combinaiſon d'un corps quelconque ou d'une baſe avec le calorique. On voit encore que, ſuivant les eſpaces ou les intervalles compris entre les molécules des différens corps, il faudra plus ou moins de calorique pour les dilater au même point ; c'eſt cette différence qu'on nomme *capacité de chaleur*, & la quantité de calorique néceſſaire pour élever chaque corps à la même température, ſe nomme chaleur ou *calorique ſpécifique*. Comme les corps, en ſe combinant au calorique, deviennent des fluides élaſtiques, l'élaſticité paroît être due à la répulſion des molécules du calorique, ou plutôt à une attraction plus forte entre ces dernières, qu'entre celles des corps fluides élaſtiques, qui ſont alors repouſſées par l'effet du premier.

Ces idées ſimples & fondées ſur des expériences exactes, conduiſent l'Auteur à donner, dans le ſecond chapitre, des vues ſur la formation & la conſtitution de l'atmoſphère de la terre ; elle doit être formée des ſubſtances ſuſceptibles de ſe volatiliſer au degré ordinaire de chaleur qui exiſte ſur le globe, & à la preſſion moyenne qui ſoutient le mercure à 28 pouces. La terre étant ſuppoſée à la place d'une planète beaucoup plus rapprochée du ſoleil, comme l'eſt Mercure, l'eau, le mercure même entreroient en expanſion, & ſe mêleroient

à l'air jusqu'à ce que cette expansion fût limitée par la pression exercée par ces nouveaux fluides élâstiques. Si le globe étoit, au contraire, transporté à une distance beaucoup plus éloignée du soleil qu'il ne l'est, l'eau seroit solide & comme une pierre dure & transparente. La solidité, la liquidité, la fluidité élastique sont donc des modifications des corps dues au calorique. Les fluides habituellement vaporeux qui forment notre atmosphère, doivent, ou se mêler lorsqu'ils ont de l'affinité, ou se séparer suivant l'ordre de leurs pesanteurs spécifiques, s'ils ne sont pas susceptibles de s'unir. M. Lavoisier pense que la couche supérieure de l'atmosphère est surmontée des gaz inflammables légers qu'il regarde comme la matière & le foyer des météores lumineux.

Il étoit très-naturel que ces considérations générales sur l'atmosphère de la terre fussent suivies de l'analyse de l'air qui la compose ; cette analyse fait le sujet du troisième chapitre, dans lequel est consignée une des plus belles découvertes du siècle & de la Chimie moderne. La combustion du mercure dans un ballon, la perte de poids d'un sixième de l'air, l'augmentation correspondante du poids du mercure, la qualité délétère des cinq sixièmes d'air restant ; la séparation de l'air de la chaux de mercure fortement échauffée, la pureté de celui-ci, la récomposition de l'air semblable à celui de l'atmosphère par l'addition de cette partie tirée du mercure à celle restée dans le ballon ; la chaleur vive & la flamme brillante dégagée de l'air par le fer qu'on y brûle, suffisent à M. Lavoisier pour prouver que l'air atmosphérique est un composé de deux fluides élastiques différens, l'un respirable, l'autre non respirable, que le premier forme 0,27, & le second 0,73.

Dans le quatrième chapitre, ce Savant expose les noms donnés à ces deux gaz qui composent l'air atmosphérique, & les raisons qui les ont fait proposer ; le premier porte, comme on sait, le nom d'*air vital* & de *gaz oxigène*, & le second celui de *gaz azote*.

La quantité des deux principes de l'atmosphère étant connue, la nature du gaz oxigène occupe ensuite M.

Lavoisier. Le cinquième chapitre est destiné à l'examen de la décomposition du gaz oxigène ou air vital par le soufre, le phosphore, le charbon, & de la formation des acides. Cent grains de phosphore brûlé dans un ballon bien plein d'air vital, absorbent 154 grains de cet air ou de sa base, & forment 254 grains d'acide phosphorique concret. Vingt-huit grains de charbon absorbent 72 grains d'air vital, & forment 100 grains d'acide carbonique. Le soufre en absorbe plus que son poids & devient acide sulfurique. La base de cet air a donc la propriété, en se combinant avec ces trois corps combustibles, de les convertir en acides; de-là le nom d'oxigène donné à cette base de l'air vital, & celui d'oxigénation donné à l'opération par laquelle cette base se fixe.

La nomenclature des différens acides forme le sujet du sixième chapitre; le nom général d'acide désigne la combinaison avec l'oxigène; les noms particuliers appartiennent aux bases différentes unies à l'oxigène. Le soufre forme l'acide sulfurique, le phosphore l'acide phosphorique, le carbone ou charbon pur l'acide carbonique. La terminaison variée dans ces mots exprime la proportion d'oxigène; ainsi le soufre combiné avec peu d'oxigène & dans l'état d'un acide foible, donne l'acide sulfureux, tandis qu'une plus grande proportion de ce principe acidifiant, forme l'acide sulfurique. Nous n'insisterons pas davantage sur les principes de cette nomenclature, qui sont déjà bien connus de la Société. M. Lavoisier donne, à la fin de ce chapitre, les proportions d'azote & d'oxigène qui constituent l'acide du nitre en différens états, comme l'a découvert M. Cavendish.

Il parle, dans le septième chapitre, de la décomposition du gaz oxigène par les métaux. On sait que ces corps combustibles absorbent la base de l'air vital plus ou moins facilement, & à des températures plus ou moins élevées; mais comme l'affinité de ces corps pour l'oxigène est en général rarement plus forte que celle de celui-ci pour le calorique, les métaux s'y combinent plus ou moins difficilement. Les composés des métaux & d'oxi-

gène n'étant pas des acides, on a proposé le nom d'oxides pour les désigner, au lieu de celui de chaux, qui étoit équivoque, & fondé sur une fausse analogie. M. Lavoisier donne les détails de cette nomenclature à la fin de ce chapitre.

Il traite, dans le huitième, du principe radical de l'eau, & de la décomposition de ce fluide par le charbon & le fer. L'eau que l'on fait passer à travers un tube de verre ou de porcelaine rougi au feu, se réduit seulement en vapeur, sans éprouver d'altération. En passant à travers le même tube chargé de vingt-huit grains de charbon, il y a 85 grains d'eau changée de nature, & le charbon disparoît. On obtient 100 grains ou 144 pouces d'acide carbonique, qui contiennent, outre les 28 grains de carbone, 72 grains d'oxigène, provenant nécessairement de l'eau, puisqu'aucun autre corps n'a pu le lui fournir; ce gaz acide carbonique est mêlé de 13 grains ou 380 pouces cubes de gaz inflammable; ces 13 grains ajoutés aux 72 grains d'oxigène enlevé par le carbone, font les 85 grains d'eau qui manquent; & en effet, en brûlant dans un appareil fermé 85 grains d'air vital & 15 de gaz inflammable, on a 100 grains d'eau. L'eau est donc composée de ces deux principes. L'oxigène est déjà connu par les détails précédens; la base du gaz inflammable a été nommée *hydrogène*, ou principe radical de l'eau; M. Lavoisier en décrit les propriétés & sur-tout celles qu'il a dans l'état de gaz.

Le neuvième chapitre contient des détails absolument neufs sur la quantité de calorique qui se dégage dans la combustion de différens corps combustibles, ou, ce qui est la même chose en d'autres termes, pendant la fixation de l'air vital ou gaz oxigène. Pour bien concevoir l'objet de cet article important, rappelons que l'air vital est, comme tous les autres fluides élastiques, une base solidifiable unie à du calorique; que ce gaz ne peut se fixer, ou sa base devenir solide dans les combinaisons où elle entre, qu'en perdant le calorique qui la tenoit écartée & divisée en fluide élastique. Cela posé,

il eſt clair qu'en partant d'une expérience où l'air vital paroît laiſſer dépoſer ſa baſe la plus ſolide poſſible en perdant tout le calorique qu'il contient, on aura une meſure à peu de choſe près exacte de la quantité abſolue de calorique contenu dans une quantité donnée de gaz oxigène. Mais comment meſurer cette chaleur. M. Lavoiſier s'eſt ſervi, pour cela, d'un appareil ingénieux, dont la première idée eſt due à M. Wilcke, Phyſicien Anglois, mais qui a été changé & bien perfectionné par M. de la Place. Ce ſont des enveloppes de tôle garnies de glace, & laiſſant un eſpace vide dans lequel on fait les expériences de combuſtion, abſolument comme dans une ſphère de glace aſſez épaiſſe pour que la température extérieure n'influe en aucune manière ſur ſa cavité intérieure. Le calorique ſe ſépare pendant la fixation de l'oxigène, fond une partie de cette glace, proportionnelle à la quantité qui s'en dégage. En opérant ainſi la combuſtion du phoſphore, M. Lavoiſier a vu qu'une livre de ce combuſtible fond 100 livres de glace, en abſorbant une livre 8 onces d'air vital; & comme l'acide phoſphorique concret qui réſulte de cette combuſtion paroît contenir l'oxigène le plus ſolide & le plus ſéparé de calorique; il en conclut que, dans l'état d'air vital, une livre d'oxigène contient une quantité de calorique ſuffiſante pour fondre *66* livres 10 onces 5 gros 24 grains de glace à zero. En partant de cette expérience, M. Lavoiſier a trouvé qu'une livre de charbon abſorbant 2 livres *9* onces 1 gros 10 grains d'oxigène, & ne faiſant fondre que *96* livres 8 onces de glace, tout le calorique contenu dans cette quantité d'air vital n'eſt pas dégagé, puiſqu'il ſe feroit fondu 171 livres *6* onces 5 gros de glace; la différence de cette quantité de calorique, c'eſt-à-dire, une quantité capable de fondre *74* livres 14 onces 5 gros de glace, eſt employée à tenir ſous forme de gaz 3 livres *9* onces 1 gros 10 grains d'acide carbonique, produit dans cette opération. La combuſtion du gaz hydrogène brûlé dans l'appareil de glace, lui a préſenté le réſultat ſuivant relativement au dégagement du calorique. Une livre de ce gaz abſorbe 5 livres 10 onces

5 gros 24 grains d'air vital en brûlant; il ſe dégage dans cette combuſtion une quantité de calorique capable de faire fondre 295 livres 9 onces 3 gros & demi de glace; or, comme cette doſe d'air vital auroit donné, ſi on l'avoit fait ſervir à la combuſtion du phoſphore, où l'oxigène paroît être le plus ſolide poſſible, une quantité de calorique ſuffiſante pour fondre 377 livres 12 onces 3 gros de glace, il s'enſuit que la différence de ces deux quantités de calorique, qui eſt exprimée par celle de 82 livres 9 onces 7 gros & demi de glace fondue, reſte dans l'eau à 0 de température, & que chaque livre de ce liquide à cette température, contient dans la portion d'oxigène qui fait un de ſes principes, une quantité de calorique capable de fondre 12 livres 5 onces 2 gros 48 grains de glace. M. Lavoiſier a trouvé, par les mêmes expériences, la quantité de calorique contenu dans l'oxigène de l'acide nitrique, & celle qui ſe dégage dans la combuſtion de la cire & de l'huile; & ſi ces recherches avoient été ſuivies avec un ſoin égal ſur la quantité de calorique que chaque métal dégage de l'air vital en abſorbant l'oxigène, ou en ſe calcinant, cette appréciation ſeroit, comme le dit M. Lavoiſier à la fin de ce chapitre, d'une grande utilité pour l'explication de beaucoup de phénomènes chimiques.

L'Auteur décrit dans le dixieme chapitre la nature générale des combinaiſons des ſubſtances combuſtibles déja examinées dans les chapitres précédens, les unes avec les autres. Les alliages des métaux, les diſſolutions du ſoufre, du phoſphore, du charbon dans le gaz hydrogène, l'union du carbone & de l'hydrogène qui conſtitue les huiles en général, ſont indiqués ſucceſſivement. Dans ce chapitre comme dans tous les précédens, on trouve des vues neuves ſur l'union encore inconnue de pluſieurs ſubſtances combuſtibles entr'elles.

Dans tous les chapitres précédens qui ont pour objet la décompoſition de l'air vital, l'abſorption de l'oxigène par les corps combuſtibles & les phénomènes de leur combuſtion & de leurs produits, il n'eſt queſtion que des ſubſtances combinées, une à une avec l'oxigène. Le

deuxieme chapitre présente les combinaisons de ce principe acidifiant avec plusieurs bases à la fois, conséquemment des oxides & des acides à plusieurs bases, & de la composition des matieres végétales & animales. On reconnoît par la lecture de ce chapitre la clarté des principes de la Chimie moderne, & en même tems la richesse de la nature dans la variété des composés qu'elle forme avec très-peu d'élémens. L'analyse la plus exacte prouve que l'hydrogène & le carbone privés de la plus grande quantité de leur calorique & unis ensemble dans des proportions différentes, à des quantités diverses d'oxigène constituent les matieres végétales. M. Lavoisier range ces matieres parmi les oxides lorsque la quantité d'oxigène est trop peu abondante pour leur donner le caractère acide, ou parmi les acides lorsque ce principe y est plus abondant. Le phosphore & l'azote font quelquefois partie de ces composés; & alors ils se rapprochent des matieres animales. Ainsi trois ou quatre corps simples unis en différentes proportions & dans différens états de pression ou de privation de calorique, suffisent à la Chimie moderne pour rendre raison de la diversité des matieres végétales, oxides & acides; & en y ajoutant l'azote, le phosphore & le soufre, les composés plus compliqués qui en résultent, donnent une idée exacte de la nature des substances animales, oxides ou acides. M. Lavoisier fait voir qu'on pourroit suivant les regles de la nouvelle Nomenclature désigner les principales especes des matieres végétales composées d'hydrogène, de carbone & d'oxigène, soit oxides, soit acides; mais la nécessité d'associer trop de mots pour désigner ces composés formeroit un langage barbare, & l'Auteur préfère les noms des treize acides végétaux & des six acides animaux, adoptés dans la nouvelle Nomenclature. Il termine ce chapitre par le dénombrement de ces acides.

Ces principes aussi clairs que simples su la composition des substances végétales & animales, conduisent M. Lavoisier à faire connoître avec une égale clarté dans le douzieme chapitre, la décomposition de ces matières par le feu. Des trois principes les plus abondans qui les

constituent,

conſtituent, l'hydrogène & l'oxigène tendent à prendre la forme de gaz par leur combinaiſon avec le calorique ; le troiſième ou le carbone n'a pas la même propriété. Une chaleur au-deſſus de celle où ces principes reſtent en équilibre, doit donc détruire cet équilibre. A une température ſupérieure à celle de l'eau bouillante, l'oxigène s'unit à l'hydrogène & forme de l'eau qui ſe dégage ; une partie du carbone unie ſéparément à l'hydrogène forme de l'huile ; une autre ſe précipite ſeule. Une chaleur beaucoup plus forte, comme celle qu'on nomme chaleur rouge, ſépare ces principes dans un autre ordre, décompoſe même l'huile formée par la première chaleur, & réduit entiérement les matières végétales à de l'acide carbonique, à de l'eau & à une partie de charbon iſolée. L'azote, le phoſphore & le ſoufre ajoutés à ces premiers principes, dans les matières animales compliquent cet effet du feu, & donnent naiſſance à l'ammoniaque que ces matieres fourniſſent dans leur diſtillation. Tous ces phénomènes ne tiennent qu'à des changemens de proportions dans l'union des principes & à leur diverſe affinité pour le calorique.

Des changemens également ſimples ont lieu dans les fermentations vineuſe, putride & acéteuſe, dont M. Lavoiſier expoſe avec ſoin les phénomènes dans les chapitres 13, 14 & 15. Ces opérations naturelles paroiſſoient autrefois inexplicables aux Chimiſtes, & il n'y a pas plus de quinze ans qu'on déſeſpéroit encore d'en apprécier la cauſe. M. Lavoiſier par des procédés ingénieux eſt parvenu à prouver que dans la fermentation vineuſe, la matiere ſucrée qu'il regarde comme un oxide & qui eſt formée ſuivant ſes recherches, de 8 parties d'hydrogène, 28 de carbone, & 64 d'oxigène, ſur cent parties de cette matière, eſt ſéparée en deux portions (par le changement & le partage ſeul de l'oxigène entre les deux baſes oxidables), une grande partie du carbone prend plus d'oxigène en ſe ſéparant de l'hydrogène, & ſe convertit en gaz acide carbonique qui ſe dégage pendant cette fermentation, tandis que l'hydrogène, privé de l'oxigène & uni à un peu de carbone, & à l'eau ajoutée,

constitue l'alkool. Ainsi la nature change par cette fermentation des combinaisons ternaires en combinaisons binaires. Un effet analogue a lieu dans la putréfaction. Les cinq substances simples & combustibles qui forment les bases oxidables & acidifiables des matières animales, l'hydrogène, le carbone, l'azote, le soufre & le phosphore, & qui sont unies en différentes proportions à l'oxigène, se dégagent peu-à-peu en gaz hydrogène sulfuré, carboné, phosphoré, en gaz azote, en gaz acide carbonique, & en gaz ammoniaque. La fermentation acéteuse ne consiste que dans l'absorption de l'oxigène qui y porte plus de principe acidifiant. Il semble que l'acide carbonique n'ait besoin que d'hydrogène pour devenir acide acéteux, puisqu'en effet, ôtez ce dernier principe au vinaigre, il passe à l'état d'acide carbonique. Quoique cette théorie de la putréfaction & de l'acétification paroisse presque aussi simple que celle de la fermentation vineuse, M. Lavoisier convient que la Chimie n'est pas aussi avancée dans la connoissance de ces deux phénomènes, que dans celle du premier.

Dans le seizième chapitre, l'auteur considère la formation des sels neutres & les bases de ces sels. Les acides dont M. Lavoisier a exposé la nature dans les premiers chapitres, peuvent se combiner avec quatre bases terreuses, trois bases alkalines & dix-sept bases métalliques. Il expose succinctement l'origine, l'extraction & les principales propriétés de la potasse, de la soude, de l'ammoniaque, de la chaux, de la magnésie, de la baryte & de l'alumine ; ces matières, si l'on en excepte l'ammoniaque, sont les moins connues de tous les corps naturels, & quoique, d'après quelques expériences, on pense qu'elles sont composées, on n'en a point encore séparé les élémens ; aussi M. Lavoisier n'en parle-t-il que très-brièvement. Il termine cet exposé en annonçant qu'il est possible que les alkalis fixes se forment pendant la combustion des substances végétales à l'air. L'un de nous a déjà fait présumer dans plusieurs mémoires & dans ses leçons, que l'azote, qu'il a considéré comme principe des alkalis ou comme *alkaligène*, pourroit bien

se précipiter de l'atmosphère dans les substances végétales qu'on brûle dans l'atmosphère. Alors l'air atmosphérique seroit un réservoir des principes acidifiant & alkalifiant où la nature puiseroit sans cesse ces principes pour les fixer dans des bases, & produire les diverses matières salines, acides & alkalines. Mais cette assertion, loin d'être une vérité démontrée, ne doit être regardée que comme une hypothèse, jusqu'à ce que les expériences dont on s'occupe en ce moment dans plusieurs laboratoires, aient permis de prononcer.

Le chapitre dix-septième & dernier de cette première partie de l'ouvrage de M. Lavoisier, contient une suite de réflexions sur la formation des sels neutres, & sur leurs bases qu'il nomme salifiables. Il y fait voir que les terres & les alkalis s'unissent aux acides sans éprouver d'altération, & qu'il n'en est pas de même des métaux. Aucun de ces corps ne peut se combiner avec les acides sans s'oxigéner; ils enlèvent l'oxigène soit à l'eau dont ils séparent l'hydrogène en gaz, soit aux acides eux-mêmes dont ils volatilisent une portion de la base unie à une portion d'oxigène. De ce dégagement naît l'effervescence qui accompagne la dissolution des métaux dans les acides. On pourroit peut-être désirer dans ce chapitre des détails plus étendus sur les dissolutions métalliques; mais M. Lavoisier vouloit mettre une grande précision dans cette partie de son Ouvrage, & celle qu'il y a mise en effet, en rend la marche plus rapide sans nuire à la clarté des principes qui y sont exposés. Ce chapitre est terminé par un dénombrement des quarante-huit substances simples qui peuvent être oxidées & acidifiées dans différens états, en y comprenant les dix-sept substances métalliques, qu'il croit devoir aussi considérer comme des acides, lorsqu'elles sont portées à un grand degré d'oxigénation. Il résulte de ce dénombrement que quarante-huit acides qui peuvent être unis à vingt-quatre bases terreuses, alkalines & métalliques, donnent 1152 sels neutres, dont la nature & les propriétés n'auroient jamais été connues avec précision si, comme l'observe M. Lavoisier, on avoit continué à leur donner

des noms, ou impropres, ou insignifians, comme on l'avoit fait à l'époque des premières découvertes de Chimie, & qui cependant peuvent être placés avec ordre dans la mémoire, à l'aide de la nouvelle nomenclature.

Tels sont les faits, tel est l'ordre qui les lie, telles sont les conséquences qui en découlent naturellement, consignés dans la première partie de ce Traité élémentaire. Nous les avons fait connoître assez en détail, pour que la Société pût apprécier l'ensemble du travail de M. Lavoisier, & le comparer à ce qu'étoit encore la science chimique il y a vingt ans. On a pu y voir qu'à l'aide des expériences modernes, les élémens de cette science sont aujourd'hui beaucoup plus faciles à saisir qu'ils n'étoient autrefois, parce que tout se réduit à concevoir les effets généraux du calorique, à distinguer les matières simples, bases de toutes les combinaisons possibles, à considérer leur union avec l'oxigène; c'est presque sur ces trois faits généraux que sont fondés les détails contenus dans la première partie. En y ajoutant les attractions de l'oxigène pour les différens corps, les décompositions qui résultent des effets de ces attractions, on auroit l'ensemble complet de ces Elémens. Mais M. Lavoisier a omis cet objet à dessein, & nous avons exposé ailleurs les raisons qui l'ont déterminé à prendre ce parti.

Seconde Partie.

Après avoir rendu un compte exact de la marche nouvelle que M. Lavoisier a suivie dans la première partie, qui constitue seule les élémens de la science, il ne sera pas nécessaire d'entrer dans des détails aussi étendus pour faire connoître les deux autres parties.

La seconde est entièrement destinée à présenter dans des tableaux les combinaisons salines neutres, ou les composés de deux mixtes, car on se rappellera facilement que les acides sont des mixtes formés de bases unies à l'oxigène, les oxides métalliques également formés de l'oxigène uni aux métaux, & enfin les terres & les

alkalis vraisemblablement des composés. Mais pour rendre cette seconde partie plus complette, M. Lavoisier a mis avant les tableaux des sels neutres, dix tableaux qui offrent les combinaisons simples dont il a éte parlé dans la première partie, & qui sont destinés à servir de résumé à cette première partie. On trouve dans ces 10 tableaux, 1°. les substances simples, ou au moins celles que les Chimistes ne sont pas parvenus à décomposer, au nombre de 33, savoir la lumière, le calorique, l'oxigène, l'azote, l'hydrogène, le soufre, le phosphore, le carbone, le radical muriatique, le radical fluorique, le radical boracique, les dix-sept substances métalliques, la chaux, la magnésie, la baryte, l'alumine & la silice; 2°. les bases oxidables & acidifiables, composées au nombre de 20, qui comprennent le radical nitro-muriatique, les radicaux des douze acides végétaux, & ceux des sept acides animaux; 3°. les combinaisons de l'oxigène avec les substances simples: 4°. les combinaisons des vingt radicaux composés, avec l'oxigène; ou les acides nitro-muriatiques, les douze acides végétaux, & les sept acides animaux; 5°. les combinaisons binaires de l'azote avec les substances simples: M. Lavoisier nomme celles de ces combinaisons qui ne sont pas connues, des *azotures*; 6°. les combinaisons binaires de l'hydrogène avec les mêmes substances simples: M. Lavoisier désigne par le nom d'*hydrures* celles de ces combinaisons qui n'ont point été examinées; 7°. les combinaisons binaires du soufre avec les corps simples; excepté les acides sulfurique & sulfureux, toutes ces combinaisons sont des sulfures; 8°. celles du phosphore avec les mêmes corps; tels sont l'oxide de phosphore, les acides phosphoreux & phosphorique, & les phosphures; 9°. celles du carbone avec les substances simples, savoir l'oxide de carbone, l'acide carbonique & les carbures; 10°. enfin celles de quelques autres radicaux avec les substances simples. A ces tableaux sont jointes des observations dans lesquelles M. Lavoisier donne l'explication, & retrace sous de nouveaux points de vue, une partie des faits consignés dans la première partie.

Les tableaux des sels neutres sont au nombre de trente-quatre; on y trouve successivement les nitrites, les nitrates, les sulfates, les sulfites, les phosphites, les phosphates, les carbonates, les muriates, les muriates oxigénés, les nitro-muriates, les fluates, les borates, les arséniates, les molybdates, les tunstates, les tartrites, les malates, les citrates, les pyrolignites, les pyrotartrites, les pyromucites, les oxalates, les acétites, les acétates, les succinates, les benzoates, les camphorates, les gallates, les lactates, les saccholates, les formiates, les bombiates, les sebates, les lithiates & les prussiates. Le nombre de chaque classe de ces sels neutres contenus dans ces tableaux, est presque dans tous de vingt-quatre. M. Lavoisier a eu soin de disposer ces sels suivant l'ordre connu des affinités de leurs bases pour les acides. Comme la plupart de ces acides sont nouvellement découverts, l'Auteur a joint à chaque tableau des observations sur la manière de préparer ces sels, sur l'époque de leurs découvertes, sur les Chimistes à qui elles sont dues, & souvent même sur la comparaison de leur nature & de leurs propriétés. M. Lavoisier n'a point eu l'intention d'offrir, dans cette seconde partie, une histoire des sels neutres; il n'a rien dit de la forme, de la saveur, de la dissolubilité, de la décomposition des sels neutres, ni de la proportion & de l'adhérence de leurs principes. Ces détails, que l'on trouve dans les Elémens de Chimie de l'un de nous, n'entroient point dans le plan de M. Lavoisier; son but étoit de présenter une esquisse rapide de ces combinaisons, & il est très-bien rempli par les tableaux & par les courtes notices qui les accompagnent.

Troisième Partie.

La troisième partie, qui a pour titre: *Description des appareils & des opérations manuelles de la Chimie*, montre aussi bien que les deux premières, combien la science a acquis de moyens, & la différence qui existe entre les expériences que l'on fait aujourd'hui & celles que l'on faisoit autrefois. M. Lavoisier a rejetté cette description

à la fin, parce que les détails qu'elle exige, auroient détourné l'attention & trop occupé l'esprit des Lecteurs, si elle avoit été placée avec la théorie, & parce que d'ailleurs elle suppose des connoissances qu'on n'a pu acquérir qu'en lisant les deux premières parties. Quoique M. Lavoisier l'ait présentée comme une explication des planches qu'on place ordinairement à la fin d'un ouvrage, nous y avons trouvé une méthode descriptive très-claire, & des observations intéressantes sur l'usage des instrumens & sur les phénomènes que présentent les corps qu'on soumet à leur action. Sans prétendre donner ici un extrait de cette troisième partie, qui n'en est pas susceptible, nous nous bornerons à offrir un léger apperçu des principaux objets contenus dans les huit chapitres qui la composent.

Le premier traite des instrumens nécessaires pour déterminer le poids absolu & la pesanteur spécifique des corps solides & fluides; telles sont les balances exactes de différentes sensibilités, depuis celles où l'on pèse 50 à 60 livres, jusqu'à celles qui trébuchent à des 512e. de grain (M. Lavoisier y propose des poids en fractions décimales de la livre, au lieu des divisions de la livre en onces, gros & grains); tels sont encore la balance hydrostatique, les aréomètres, sur-tout celui dont se sert M. Lavoisier, & qui lui est particulier.

Dans le chapitre second, sont décrits les instrumens propres à mesurer les gaz, les cuves pneumato-chimiques à l'eau & au mercure, les différens récipiens, le ballon à peser les gaz, la machine construite par les soins de M. Lavoisier, pour mesurer le volume & connoître la quantité des gaz suivant la pression & la température qu'ils éprouvent. M. Lavoisier nomme cette ingénieuse machine *gazomètre*.

Le chapitre III est destiné à la description d'un instrument imaginé par M. de la Place, pour déterminer la chaleur spécifique des corps & la quantité de calorique qui se dégage dans les combustions, dans la respiration des animaux & dans toutes les opérations de la Chimie. Cette utile machine, dont nous avons déjà indiqué les

avantages dans la première partie, eſt nommée *calorimètre* par M. Lavoiſier.

On trouve expoſés, dans le quatrième chapitre, les inſtrumens dont on ſe ſert dans les ſimples opérations mécaniques de la Chimie, telles que la trituration, la porphyriſation, le tamiſage, le lavage, la filtration & la décantation.

Le cinquième chapitre contient la deſcription des moyens & des inſtrumens qu'on emploie pour opérer l'écartement ou le rapprochement des molécules des corps ; tels ſont les vaſes deſtinés à la ſolution des ſels, à la lixiviation, à l'évaporation, à la criſtalliſation, & à la diſtillation ſimple, ou évaporation en vaiſſeaux clos.

M. Lavoiſier décrit, dans le ſixième chapitre, les inſtrumens qui ſervent aux diſtillations compoſées & pneumato-chimiques, & ſur-tout les appareils de Woulfe, variés de beaucoup de manières ; ceux qu'on emploie dans les diſſolutions métalliques ; ceux qu'il a imaginés pour recueillir les produits des fermentations vineuſe & putride, pour la décompoſition de l'eau. Il y joint une hiſtoire différens luts & de leurs diverſes utilités.

Les détails contenus dans le ſeptième chapitre, font connoître les appareils dont ce Phyſicien s'eſt ſervi avec ſuccès pour connoître avec exactitude les phénomènes qui ont lieu dans la combuſtion du phoſphore, du charbon, des huiles, de l'alkool, de l'éther, du gaz hydrogène, & conſéquemment dans la recompoſition de l'eau, ainſi que dans l'oxidation des métaux.

Enfin le huitième & dernier chapitre de l'Ouvrage traite des inſtrumens & des procédés propres à expoſer les corps à de hautes températures ; il y eſt queſtion de la fuſion, des creuſets, des fourneaux, de la théorie de leur conſtruction, du moyen d'augmenter conſidérablement l'action du feu, en ſubſtituant à l'air atmoſphérique l'air vital ou gaz oxigène.

Quand ces détails ne ſeroient que des deſcriptions ſimples des machines auxquelles la Chimie doit toutes ſes nouvelles connoiſſances, ils n'en ſeroient pas moins utiles, & on n'en auroit pas moins d'obligation à M.

Lavoiſier, pour avoir publié des procédés & des appareils trop peu connus, même d'une partie de ceux qui profeſſent aujourd'hui la Chimie, comme l'a dit l'Auteur. Mais ce n'eſt point ſeulement une deſcription sèche & aride que préſente cette troiſième partie ; on y décrit l'uſage des diverſes machines, on y fait connoître la manière de s'en ſervir, & les phénomènes qu'elles offrent à l'obſervateur ; ſouvent même des points particuliers de la théorie générale expoſée dans tout l'ouvrage, portent un jour éclatant ſur le réſultat des opérations auxquelles ſervent ces inſtrumens. On peut conſidérer cette troiſième partie comme une hiſtoire des principaux appareils néceſſaires aux opérations de la Chimie moderne, & ſans leſquels on ne pourroit plus eſpérer de faire faire des progrès à cette ſcience.

Les planches placées à la fin de l'ouvrage, ont été gravées avec ſoin par la perſonne qui nous a déjà donné la traduction de Kirwan, & qui ſait allier la culture des Lettres à celle des Arts & des Sciences.

L'ouvrage eſt terminé par des tables où ſont expoſées la peſanteur du pied cube des différens gaz, la peſanteur ſpécifique d'un grand nombre de corps naturels, les méthodes pour convertir les fractions vulgaires en fractions décimales & réciproquement, des moyens de correction pour la peſanteur des gaz relativement à la hauteur du mercure dans le baromètre & dans le thermomètre. Ces tables deviennent aujourd'hui auſſi néceſſaires aux Chimiſtes pour obtenir des réſultats exacts dans leurs expériences, que le ſont les tables de logarithmes aux Géomètres & aux Aſtronomes, pour l'exactitude & la rapidité de leurs calculs.

Nous penſons que l'Ouvrage de M. Lavoiſier mérite l'approbation de la Société, & d'être imprimé ſous ſon privilége.

Au Louvre, le 6 Février 1789.

Signé, DE HORNE & DE FOURCROY.

La Société Royale de Médecine ayant entendu, dans ſa ſéance tenue au Louvre le 6 du préſent mois,

la lecture du Rapport ci-dessus, en a entièrement adopté le contenu.

Ce que je certifie véritable. Ce 7 Février 1789.

Signé, VICQ D'AZYR, Secrétaire perpétuel.

EXTRAIT des Regiſtres de la Société Royale d'Agriculture.

Du 5 Février 1789.

NOUS avons été chargés par la Société Royale d'Agriculture, M. de Fourcroy & moi, de lui rendre compte d'un Traité élémentaire de Chimie, par M. Lavoiſier.

Des Savans de l'Europe, l'un de ceux qui a le plus contribué à l'heureuſe révolution que la Chimie pneumatique a éprouvée de nos jours, c'eſt, ſans contredit, M. Lavoiſier. Les Mémoires importans qu'il a publiés depuis quinze ans, les faits brillans dont on lui eſt ſpécialement redevable, toutes les expériences connues qu'il a vérifiées avec un zèle infatigable, l'élégance & la préciſion des appareils qu'il a imaginés, la théorie nouvelle enfin ſur laquelle il a ſingulièrement influé, & qu'on peut vraiment regarder comme lui étant propre, faiſoient deſirer que M. Lavoiſier réduisît ces nombreux matériaux en un corps d'ouvrage, & ſur-tout qu'il en fît un ouvrage élémentaire : il étoit difficile de mieux remplir ce vœu.

Ce Traité peut ſervir à l'étude de la Chimie par la méthode & l'ordre qui y regnent ; quant au Chimiſte déjà familiariſé avec la ſcience, il y trouvera les faits réunis & claſſés, ainſi que de grandes vues ſur le ſyſtême de notre atmoſphère, de la végétation, de l'ani-

malisation, &c. ce qui offre une vaste carrière à ses recherches.

La Chimie recule de jour en jour ses bornes ; elle embrasse maintenant toutes les sciences physiques, & l'Agriculture est peut-être une de celles qui aura le plus à s'applaudir des succès de la Chimie ; l'analyse étant le seul moyen de conduire sûrement à la connoissance des terres, des amendemens & des engrais : enfin la Chimie pneumatique peut seule expliquer les grands phénomènes de la végétation, la formation des différens principes des végétaux, l'étiolement des plantes, &c. c'est elle qui nous a fait connoître cette double émission d'un gaz homicide & d'un gaz vital.

Dans le petit nombre d'ouvrages qui ont été récemment publiés sur la Chimie, tout étant neuf, la nomenclature, les faits, l'application de la méthode des Géomètres à ces mêmes faits, & la théorie entière, l'analyse d'un pareil Traité seroit une tâche longue & difficile à remplir ; nous nous bornerons donc à des réflexions sur ce nouvel ordre de choses, qui, au milieu de beaucoup de prosélites, a encore quelques détracteurs.

On peut établir comme vérité qu'il n'y a pas d'art mécanique, le dernier de tous, dont la nomenclature ne soit moins vicieuse, moins *insignifiante*, que ne l'étoit celle de l'ancienne Chimie. Pas un mot dans l'ancienne langue chimique qui n'ait été enfanté par l'amour du mystère, & quelquefois même par le charlatanisme. Glauber, Stahl, emportés par le torrent & l'espèce de mode régnante alors, introduisent, l'un, *son sel admirable*, l'autre, *son double arcane*. Un mot neuf, mot qui n'a aucune acception, peut en recevoir une, il n'en est pas de même d'un mot déjà usité.

Il falloit donc une langue nouvelle pour une nouvelle science, des mots nouveaux pour de nouveaux produits ; enfin, il falloit créer des expressions pour les phénomènes que créoit journellement la Chimie. Il importoit sur-tout que cette nomenclature fût raisonnée, que le mot fixât l'idée, & que, semblable à la langue des Grecs & des Latins, les augmentatifs, les privatifs, & le changement

naître des idées accessoires & précises, & c'est l'objet que remplissent, par exemple, les mots *soufre*, *sulfate*, *sulfite*, *sulfure*. Tel est le but qu'ont rempli les Savans qui se sont réunis pour former cette nouvelle nomenclature, & le Traité de M. Lavoisier la rend très-intelligible.

Rien de plus imposant dans l'ouvrage de M. Lavoisier que ce nombre d'expériences ingénieuses, dont beaucoup lui appartiennent, toutes présentées avec cette précision mathématique, inconnue avant cette époque, que Rouelle avoit devinée, & qui, soumettant l'analyse à la rigueur du calcul, fait le complément de la science, en rendant la recomposition des corps aussi facile que leur décomposition.

L'ancienne Chimie parvenoit bien quelquefois à la synthèse : elle décomposoit & recomposoit l'alun, les vitriols, les sels neutres en général, elle minéralisoit & révivifioit les métaux ; mais l'eau, mais l'air échappoient à son analyse. Elle les regardoit comme des corps simples & élémentaires, il étoit réservé à la Chimie pneumatique de leur faire subir la double loi de la décomposition & de la recomposition.

Il nous reste à parler de la théorie, puisque nous sommes restreints à des généralités. Cette théorie pose sur une grande masse de faits, qui lui forment un rempart solide où elle paroît inattaquable : elle ne le seroit pas, sans doute, si elle prétendoit tout expliquer, mais elle sait s'arrêter quand les faits lui manquent, ou qu'ils sont en trop petit nombre pour consolider de nouveaux points de doctrine. Tel est le caractère de sagesse qui la distingue de l'ancienne théorie, qui expliquoit tout de dix manières différentes, parce qu'au défaut de routes, il faut se pratiquer des sentiers. Dans la théorie actuelle, les faits s'enchaînent ; chaque proposition est étayée d'expériences qui se pressent, & on paroît réduit à ne pouvoir pas en tirer d'autres conséquences que celles que présente cette même théorie.

Nous pensons donc que cet Ouvrage, dont plusieurs chapitres sont immédiatement applicables à la Physique

de terminaiſon devinſſent autant de moyen de faire végétale, mérite l'approbation de la Société Royale d'Agriculture.

Signé, DE FOURCROY & CADET DE VAUX.

Je certifie cet Extrait conforme à l'original & au jugement de la Société.

A Paris, ce 6 Février 1789.

Signé, BROUSSONET, Secrétaire perpétuel.

De l'Imprimerie de CHARDON, rue de la Harpe. 1789.

PAGE 43, *lig.* 4 & 9, côpeaux *lisez* coupeaux

44, 9, figure 14 *lis.* figure 16

75, 14, dans un ballon *e lis.* dans le ballon *cb.*

77, *pén.* mitreux *lis.* nitreux

78, 6, à mesure que l'acide passe *ajoutez* une partie se condense dans le ballon, l'autre est absorbée par l'eau.

94, 21, *ajoutez en note au bas de la page* On a critiqué même avec assez d'amertume cette expression *hydrogène*, parce qu'on a prétendu qu'elle signifioit fils de l'eau, & non pas qui engendre l'eau. Mais qu'importe, si l'expression est également juste dans les deux sens? les expériences rapportées dans ce Chapitre, prouvent que l'eau, en se décomposant, donne naissance à l'hydrogène, & sur-tout l'hydrogène donne naissance à l'eau en se combinant avec l'oxigène. On peut donc dire également que l'eau engendre l'hydrogène, & que l'hydrogène engendre l'eau.

96, *antépénul.* *Bc lis.* *BC*

118, 22 & *suiv.* gaz hydrogène carbonisé, gaz hydrogène sulfurisé, gaz hydrogène phosphorisé *lis.* carboné, sulfuré, phosphoré. *La même faute a pu échapper dans d'autres endroits.*

133, *pénul.* & *dern.* ainsi les végétaux ne contiennent ni huile, ni eau, ni acide carbonique, *ajoutez la note suivante au bas de la page.*

Nota. On conçoit que je suppose ici des végétaux réduits à l'état de dessication parfaite, & qu'à l'égard de l'huile, je n'entends pas parler des végétaux qui en fournissent, soit par expression à froid, soit par une chaleur qui n'excède pas celle de l'eau bouillante. Il n'est ici question que de l'huile empyreumatique qu'on obtient par la distillation à feu nud, à un degré de feu

supérieur à l'eau bouillante. C'est cette huile seule que j'annonce être un produit de l'opération. On peut voir ce que j'ai publié à cet égard dans le volume de l'Académie, année 1786.

Page 146, *lig.* 16 & 17, 397 livres 9 onces 29 grains *lis.* 460 livres 11 onces 6 gros 53 grains

163, 7, dont *lis.* que

172, 1, ammoniaque *lis.* ammoniac

196, 8, tartarique *lis.* tartareux

Ibid. 11, pyrolignique *lis.* pyroligneux

12, pyromucique *lis.* pyromuqueux

13, pyrotartarique *lis.* pyrotartareux

15, acétique *lis.* acéteux

254, *supprimez du Tableau* muriate oxygéné d'ammoniaque, *attendu que cette combinaison n'existe pas.*

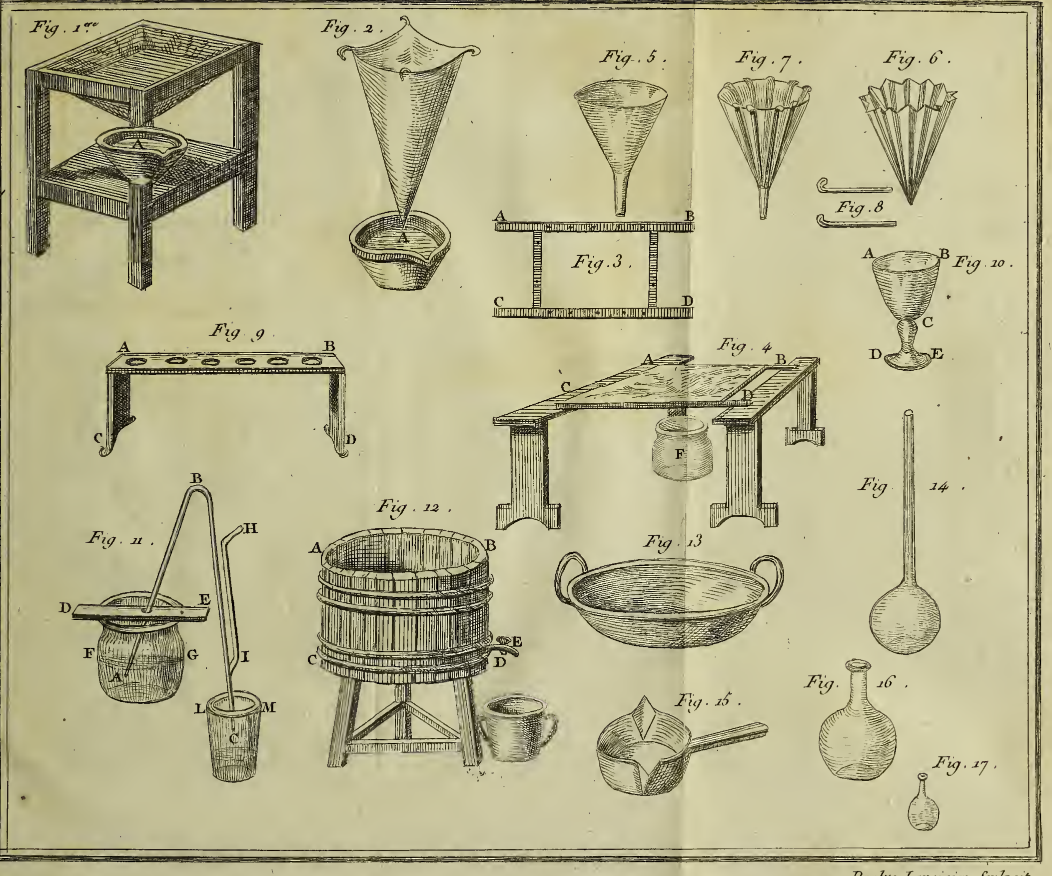
294, 14, 15 & 16, *effacez* & ce même sel saturé de chaux, oxalate acidule de potasse & de chaux

384, 22, d'un robinet *l* *lis.* d'un robinet *lm*



Paulze Lavoisier Sculpsit.

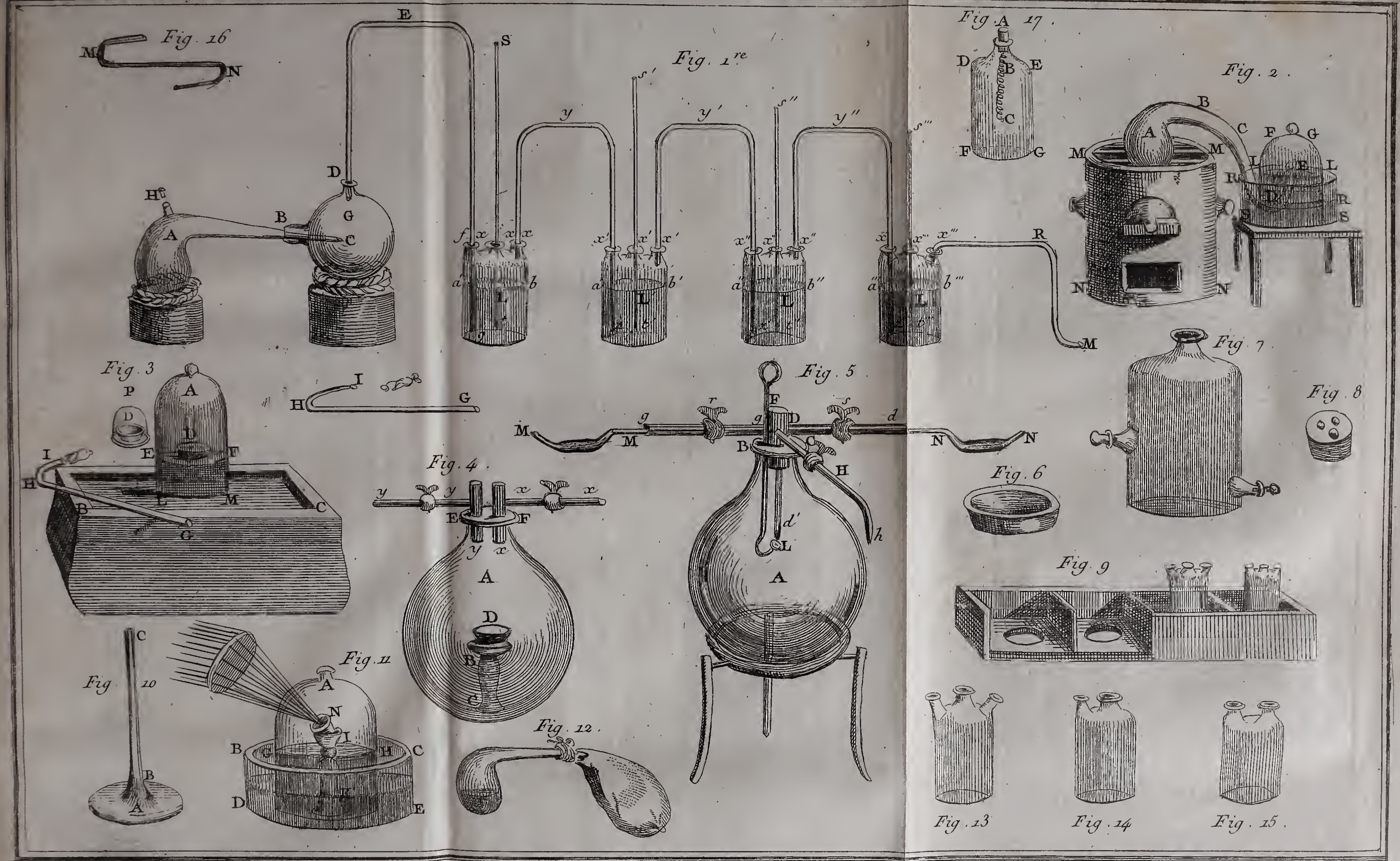
Planche II.



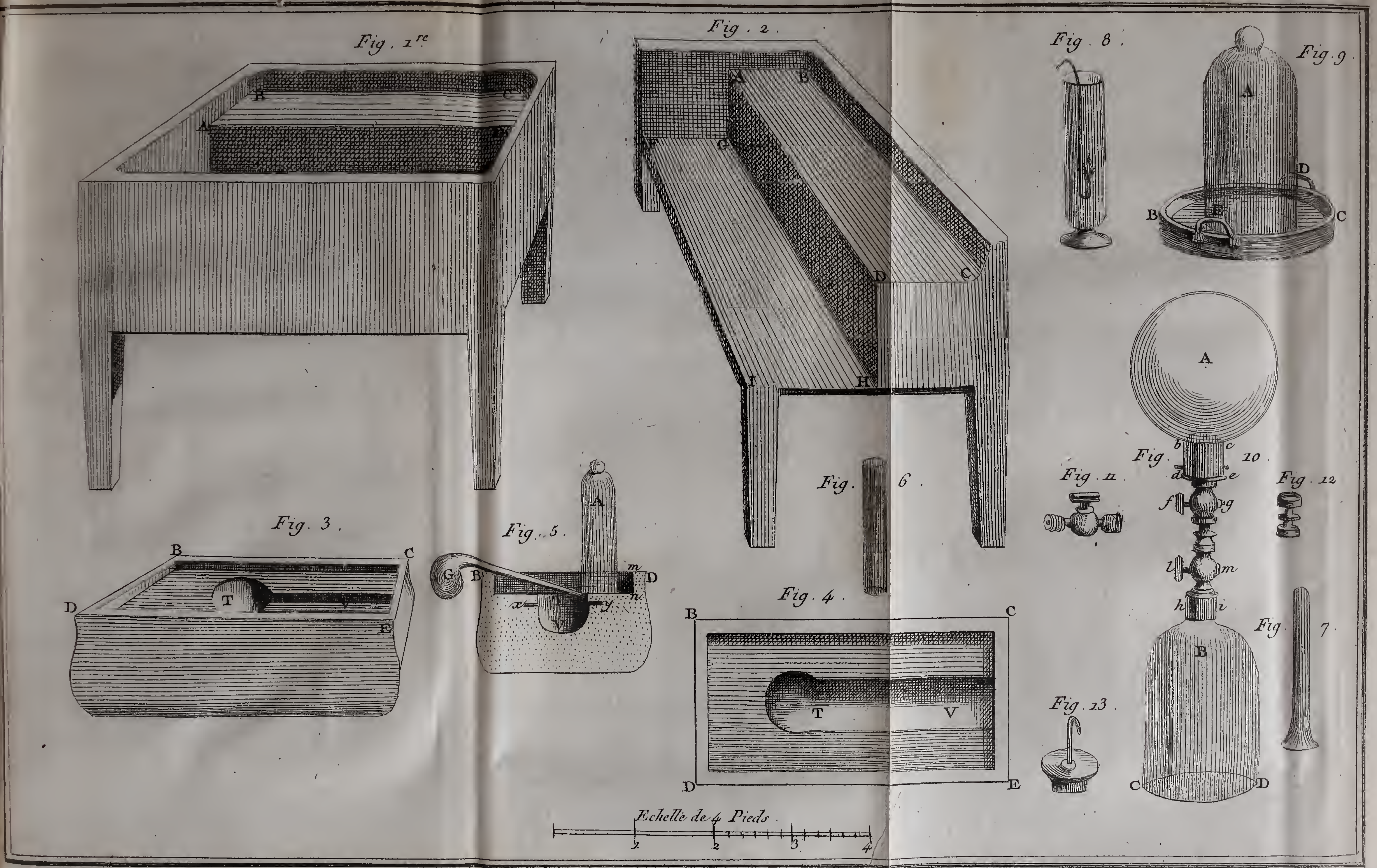
Paulze Lavoisier Sculpsit.



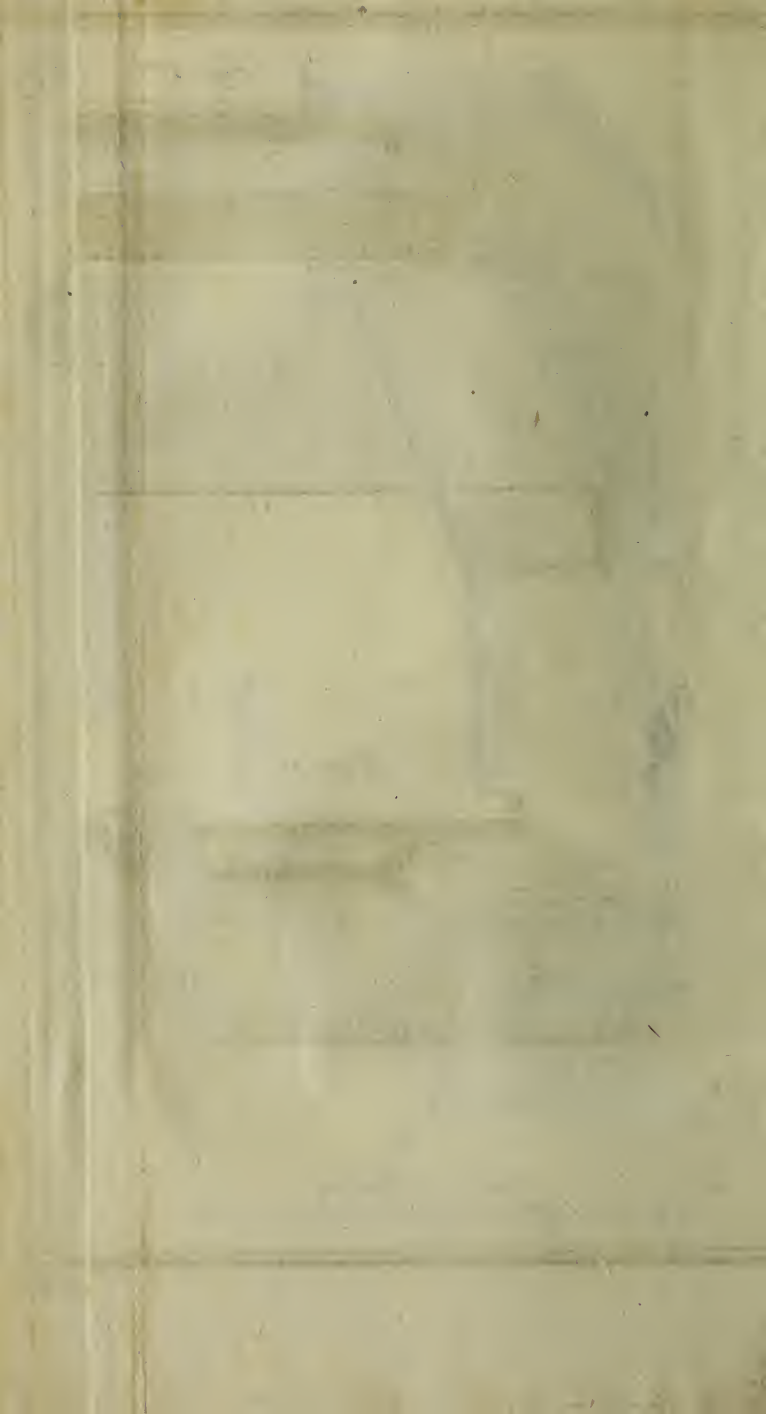
Paulze Lavoisier Sculpsit

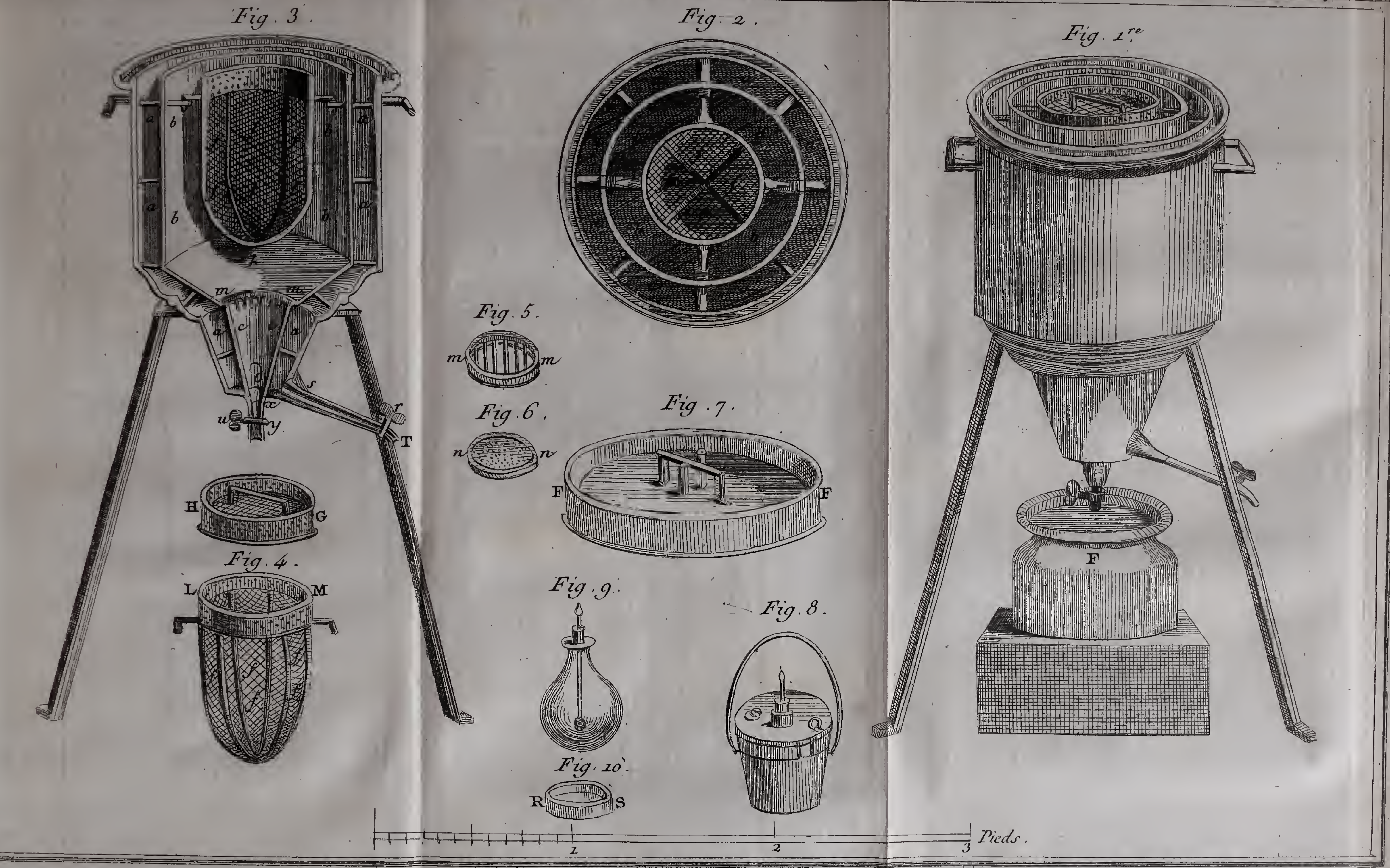


Paulze Lavoisier Sculp.



Paulze Lavoisier Sculpsit.





Paulze Lavoisier Sculp.

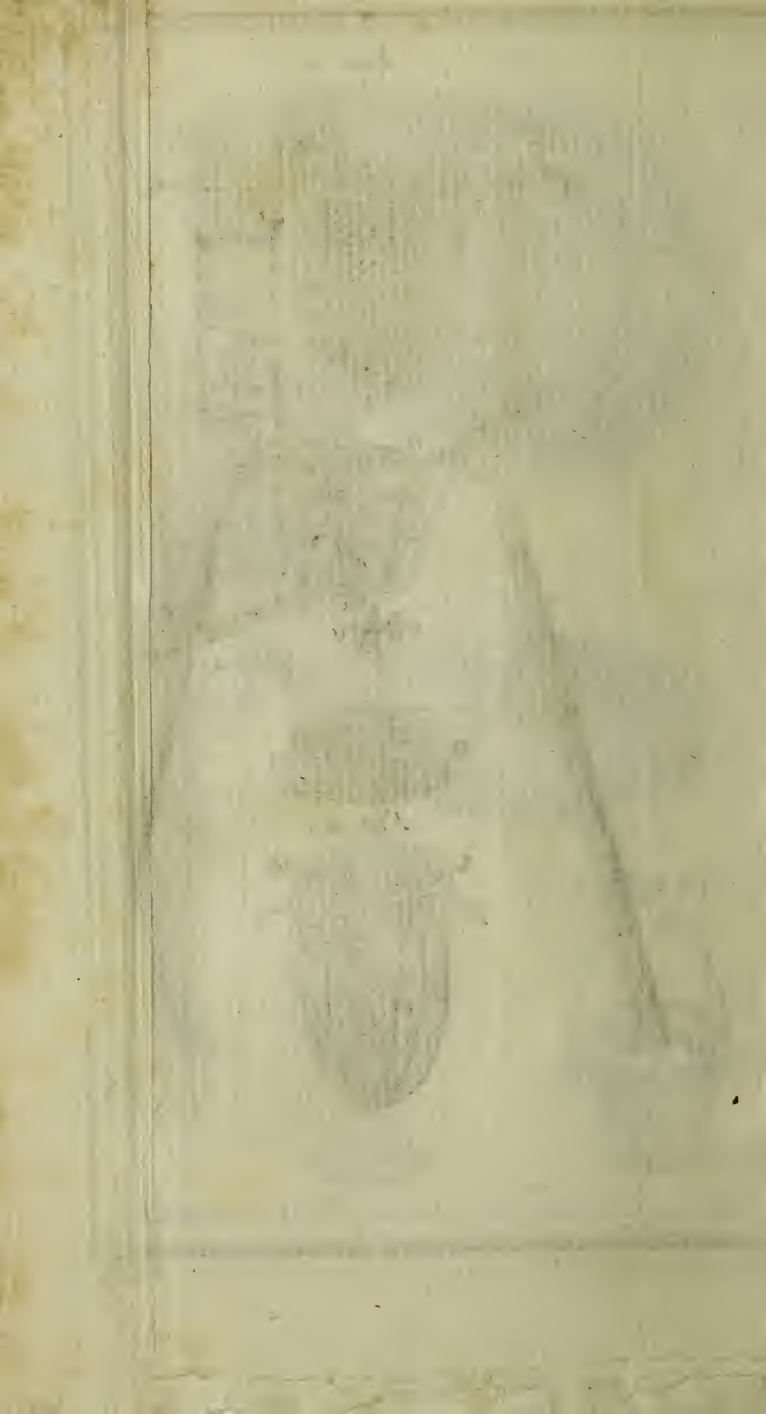
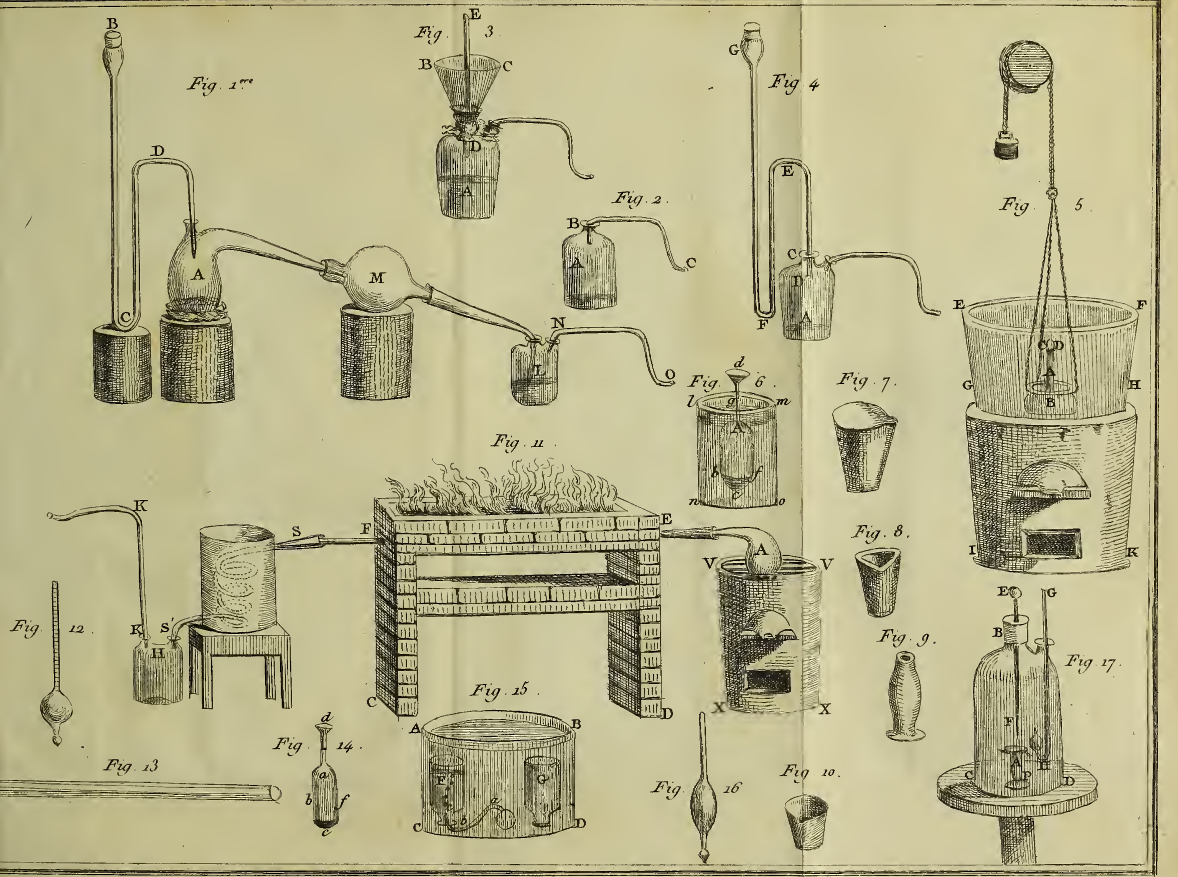
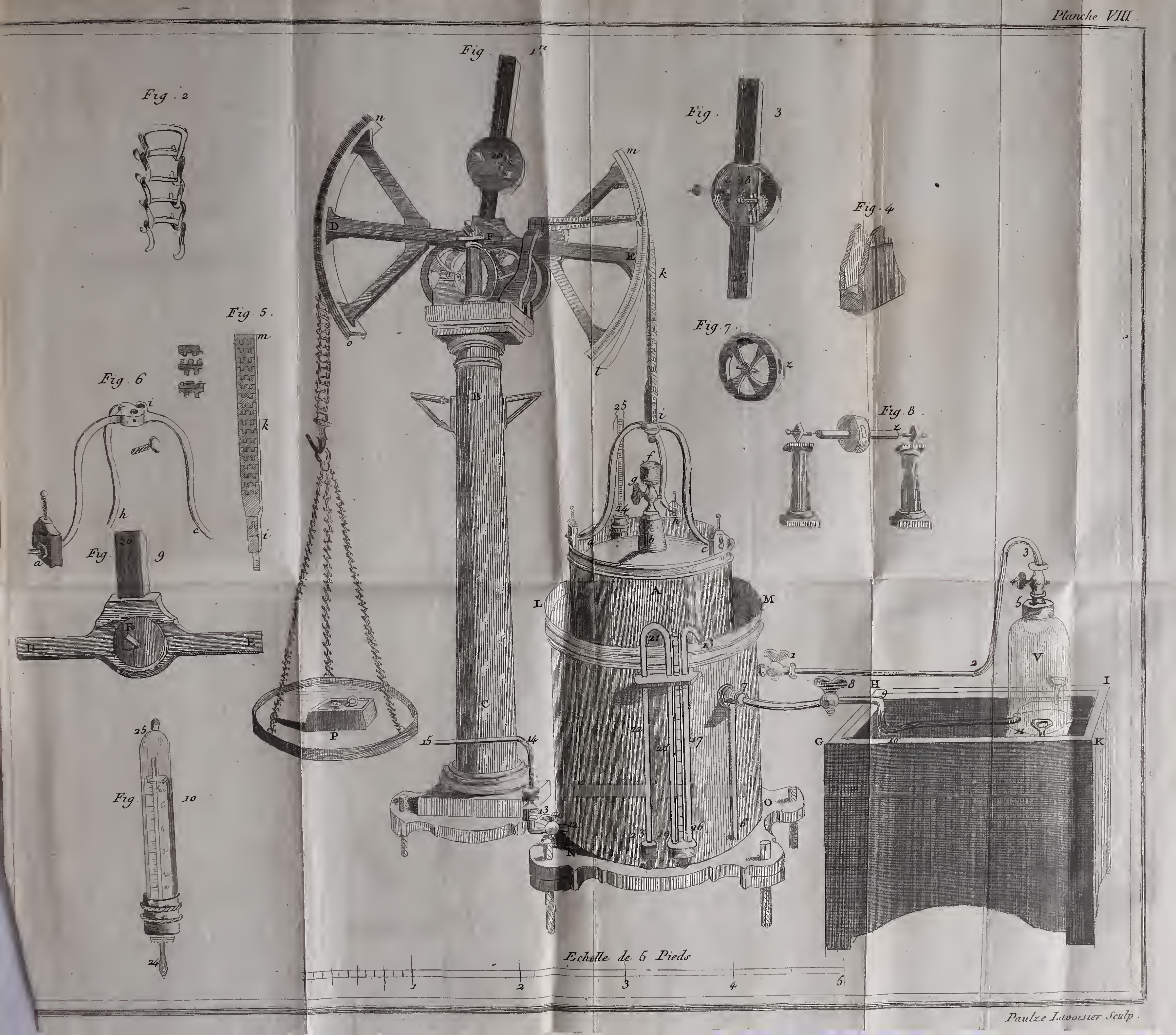


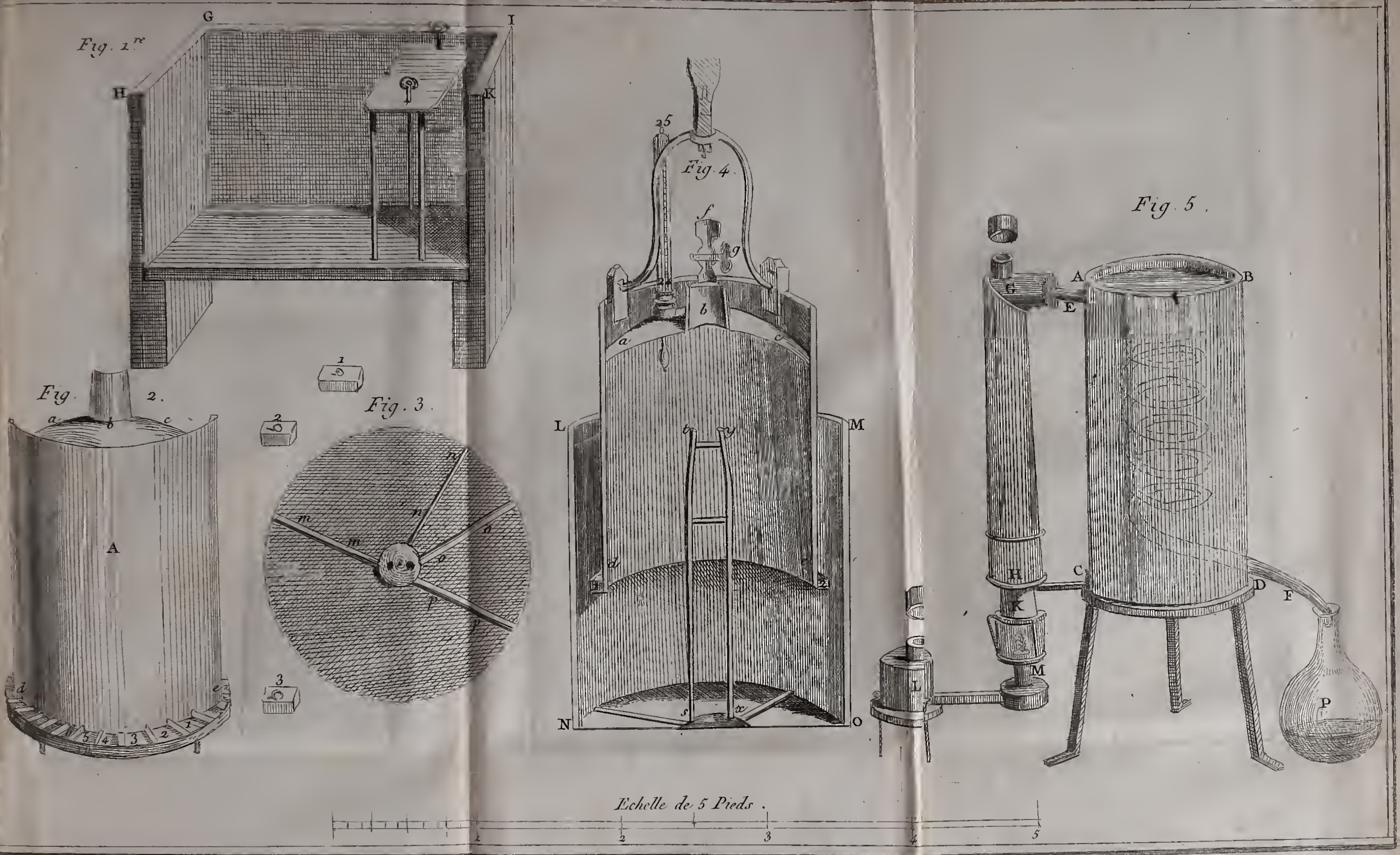
Planche VII.



Paulze Lavoisier Sculp.

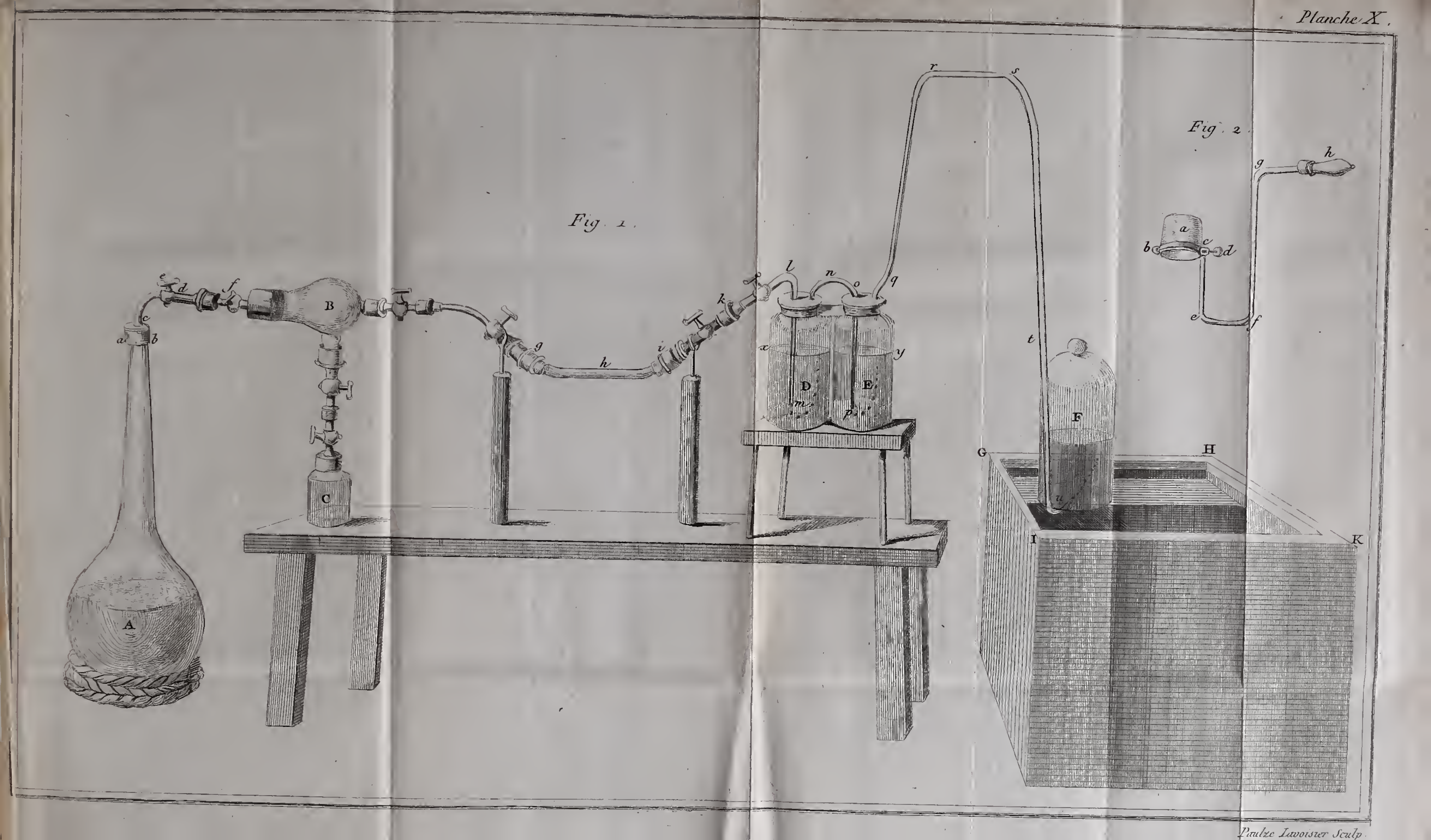


Paulze Lavoisier Sculp.

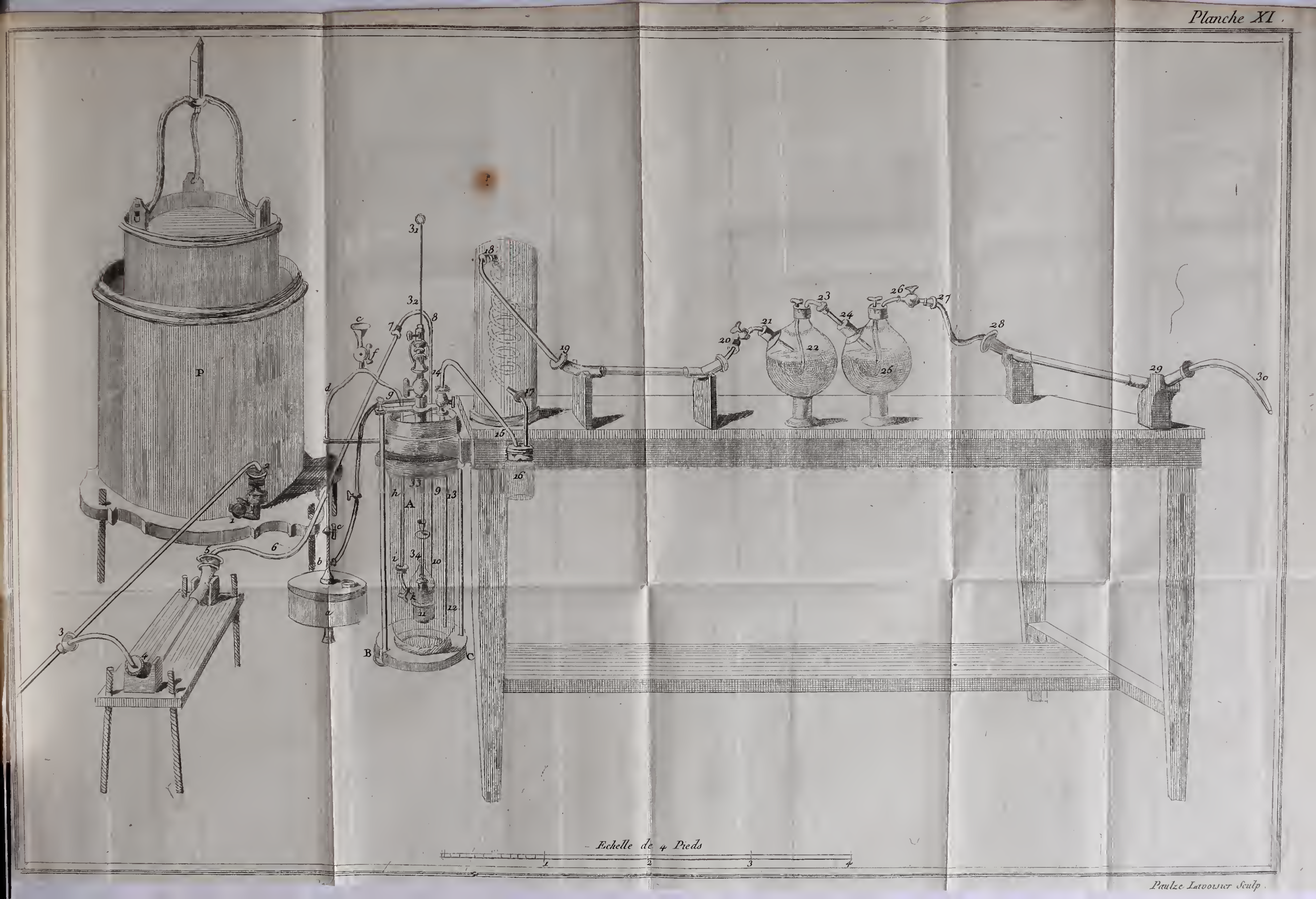


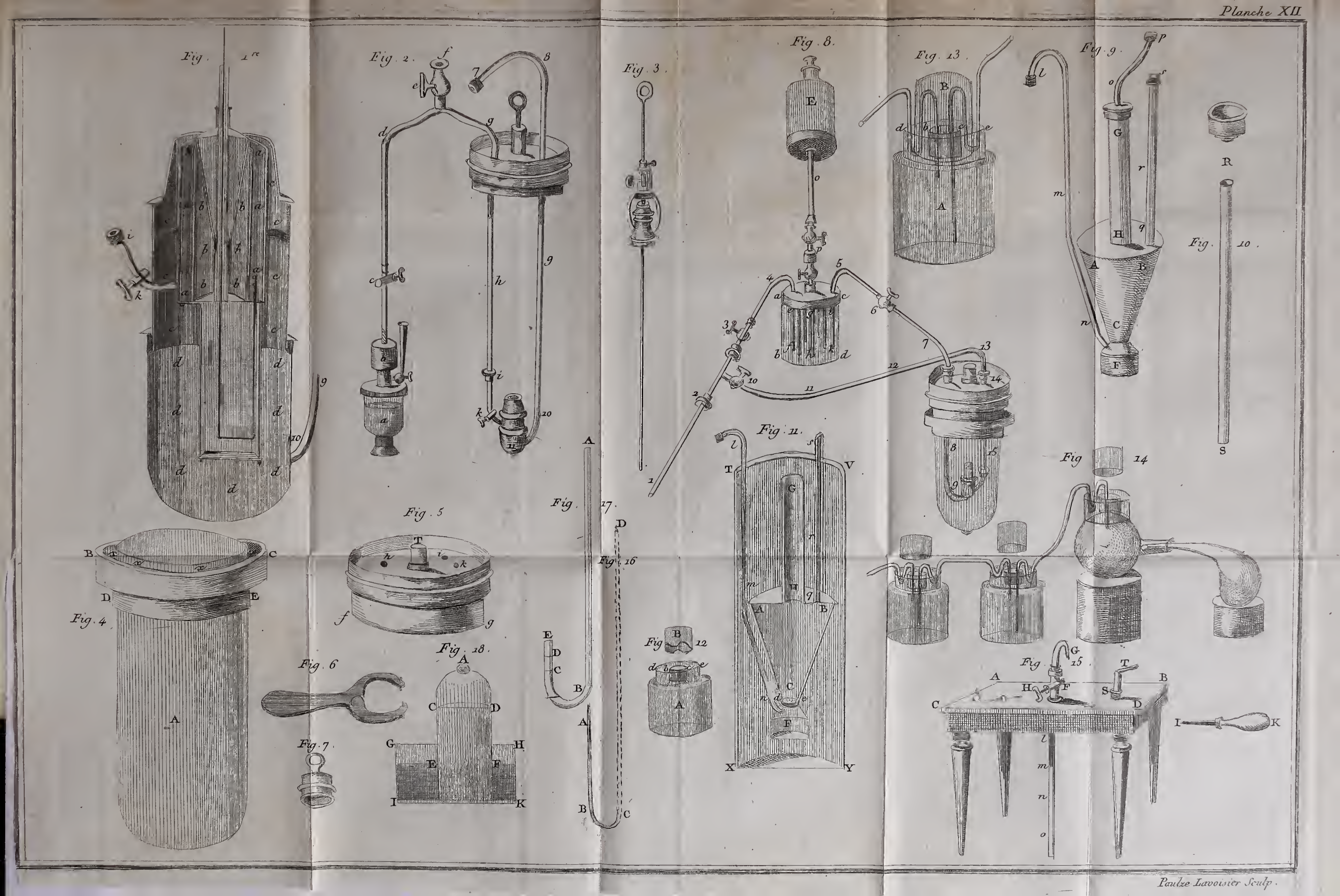
Paulze Lavoisier Sculp.



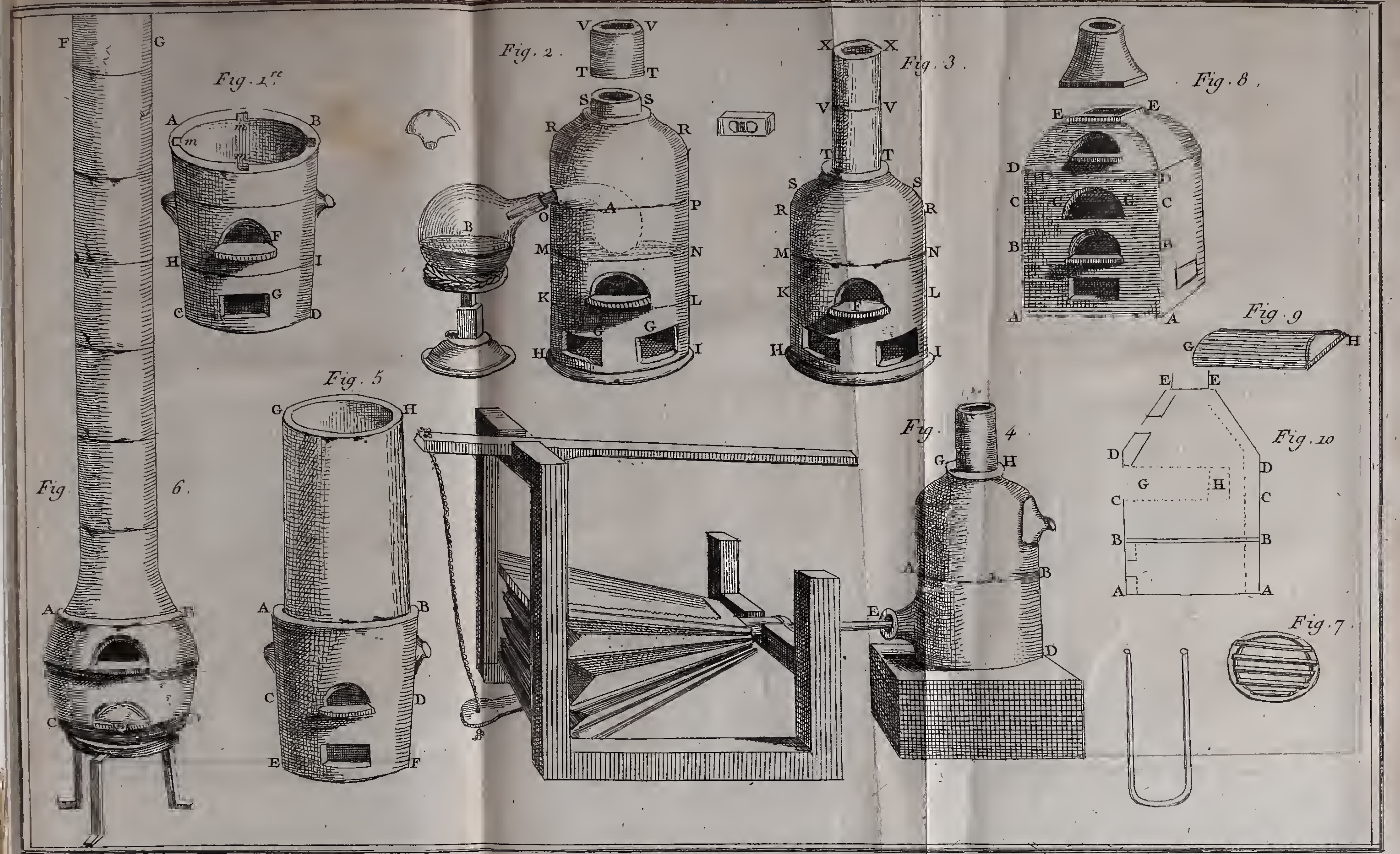


Paulze Lavoisier Sculp.


Planche XI.
P
A
B
C
a
b
c
d
f
h
Echelle de 4 Pieds
1
2
3
4
Paulze Lavoisier Sculp.



Paulze Lavoisier Sculp.



Paulze Lavoisier Sculp.





